

**ULTRASCHALL UND ZENTRALVENÖSE PUNKTIONEN -
VERBREITUNG UND ERFOLGSRATEN**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades
doctor medicinae (Dr. med.)

**vorgelegt dem Rat der Medizinischen Fakultät
der Friedrich Schiller Universität Jena**

von Heike Tuppatsch
geboren am 09.09.1963 in Eisenach

Gutachter:

1. Prof. Dr. med. K. Reinhart; Direktor der Klinik für Anästhesie und Intensivmedizin der FSU Jena
2. PD Dr. med. E. Hüttemann; Leiter der Klinik für Anästhesie und Intensivmedizin am Klinikum Worms
3. Prof. Dr. med. J. Gummert; Direktor der Klinik für Thorax- und Gefäßchirurgie der FSU Jena

Tag der öffentlichen Verteidigung: 17.06.2008

Abkürzungen

A.	Arterie
B-Bildverfahren	bildgebender Ultraschall
BGA	Blut-Gas-Analyse
BMI	Body-Maß-Index
Bsp.	Beispiel
bspw.	beispielsweise
cm	Zentimeter
COPD	chronisch obstruktive Lungenkrankheit
d.h.	das heißt
G	Gauge
ggf.	gegebenenfalls
°	Grad
>	größer als
Hz	Hertz
I.E.	Internationale Einheiten
kg	Kilogramm
<	kleiner als
M.	Musculus
MHz	Mega- Hertz
mm	Millimeter
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
ml	Milliliter
mosmol/l	Milliosmol pro Liter
mval	Millival
MW	Mega-Watt
OP	Operation
§	Paragraph
PbeV	Punktionserfolg beim ersten Versuch
PEEP	positiv endexpiratorischer Druck
Pkt.	Punktion
‰	Promille
%	Prozent

PVC	Polyvinylchlorid
StGB	Strafgesetzbuch
Tab.	Tabelle
US	Ultraschall
UZP	Ultraschall-unterstützte zentralvenöse Punktion
V./Vv.	Vene/Venen
vs.	versus
z. B.	zum Beispiel
Z. n.	Zustand nach
ZVD	zentraler Venendruck
ZVK	zentraler Venenkatheter

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen

Zusammenfassung

1	Einleitung	1
1.1	Allgemeine Ausführungen	1
1.2	Historischer Rückblick	2
2	Grundlagen	5
2.1	Zentrale Venen	5
2.2	Indikationen für eine ZVK-Anlage	6
2.2.1	Katecholamintherapie	6
2.2.2	Pulmonalkatheter/Herzschrittmacher	7
2.2.3	Hämodialyse/Hämofiltration	7
2.2.4	Totale parenterale Ernährung	7
2.2.5	Chemotherapie und Infusion gewebeschädigender Substanzen	8
2.2.6	Hämodynamische Messungen (ZVD)	8
2.2.7	Verbesserung des Patientenkomforts	9
2.2.8	Diagnose und Therapie der venösen Luftembolie	9
2.3	Relative Kontraindikationen für eine ZVK-Anlage	11
2.3.1	Anamnestische Gesichtspunkte	11
2.3.2	Anatomische/konstitutionelle Gesichtspunkte	11
2.3.3	Laborchemische Gesichtspunkte	12
2.3.4	Prognostische Gesichtspunkte	12
2.4	Verfahren zur ZVK-Anlage	14
2.4.1	Zentrale Zugänge	14
2.4.1.1	Vena jugularis interna und ihre Anatomie	14
2.4.1.1.1	Ventrale Punktion	16
2.4.1.1.2	Dorsale Punktion	16
2.4.1.1.3	Zentrale Punktion	17
2.4.1.1.4	Transmuskuläre Punktion	17

2.5	Komplikationen	18
2.5.1	Komplikationen bei zentralen Zugängen	18
2.5.1.1	Komplikationen bei der Punktion der Vena jugularis interna	19
2.6	Komplikationen bei der Lokalanästhesie	22
2.7	Punktionsbedingte Komplikationen	23
2.7.1	Pneumothorax.....	23
2.7.2	Hämatome.....	23
2.7.3	Hämato-/Hydrothorax.....	24
2.7.4	Luftembolien.....	25
2.7.5	Verletzungen des Ductus thoacicus	27
2.7.6	Zentralnervöse Ausfälle.....	27
2.7.7	Nervenverletzungen	28
2.7.8	Entstehung von Fisteln.....	28
2.7.9	Pseudoaneurysmen	28
2.7.10	Tracheaverletzungen	29
2.8	Katheterbedingte Komplikationen	30
2.8.1	Herzrhythmusstörungen	30
2.8.2	Thrombosen	30
2.8.3	Infektionen.....	32
2.8.4	Embolisationen	34
2.8.5	Herzbeuteltamponade	34
2.8.6	Katheterfehlagen	35
2.8.7	Schleifen- und Knotenbildungen	35
2.9	Zielsetzung.....	38
3	Patienten und Methoden	40
3.1	Fragestellung	40
3.2	Studiendesign	41
3.3	Probanden.....	42
3.3.1	Alter.....	42
3.3.2	Geschlecht	43
3.3.3	Body-Maß-Index	44
3.4	Messungen.....	45
3.5	Materialien und Geräte.....	46

3.5.1	Ultraschall (Sonographie).....	46
3.5.2	Ultraschalldoppler	48
3.6	Statistische Auswertung	51
4	Auswertung und Ergebnisse.....	52
4.1	Zentralvenöse Katheterisierung der Vena jugularis interna nach anatomischen Orientierungspunkten	52
4.2	Punktion mittels bildgebendem Ultraschall.....	57
4.3	Punktion mittels Ultraschalldoppler	60
4.4	Ergebnisse	62
4.4.1	Punktionserfolg (PbeV) beim ersten Versuch.....	62
4.4.2	PbeV in der Patientengruppe mit einem BMI > 30	63
4.4.3	PbeV in der Patientengruppe mit einem BMI < 30	64
4.4.4	Vergleich zwischen bildgebendem und dopplersonogra- phischem Ultraschall hinsichtlich des PbeV	65
5	Umfrage zur Anwendung von Ultraschall bei der Anlage von zentralen Venenkathetern in Deutschland	67
5.1	Einleitung	67
5.2	Fragebogen.....	68
5.3	Ergebnisse	71
5.3.1	Verfügbarkeit eines mobilen Ultraschallgerätes in Lehrkrankenhäusern und Nicht-Lehrkrankenhäusern	71
5.3.2	Einsatz eines transportablen Ultraschallgerätes in Lehrkrankenhäusern und Nicht-Lehrkrankenhäusern	72
5.3.3	Häufigkeit des Einsatzes eines transportablen Ultraschallgerätes in den 83 Abteilungen, die Ultraschall zur ZVK-Anlage einsetzen.....	73
5.3.4	Technik.....	74
5.3.5	Training	74
5.3.6	Einsatz eines Ultraschallgerätes	75
5.3.7	Qualitätssicherung	75
5.3.8	Ultraschall und praktische Fähigkeiten.....	75
5.3.9	Verfügbarkeit von Ultraschall	75
5.3.10	Grund für den Nicht-Einsatz von Ultraschall.....	76
5.3.11	Andere Einsatzgebiete für Ultraschall	76

5.4	Vergleich Ultraschalleinsatz Deutschland/England	77
5.5	Ultraschallanwendung bei ZVK-Anlagen Deutschland/England	78
5.6	Kein Einsatz von Ultraschall bei ZVK-Anlagen Deutschland/ England	79
6	Diskussion	81
7	Ausblick	91
	Literaturverzeichnis	I
	Lebenslauf	XIV
	Ehrenwörtliche Erklärung	XVI
	Danksagung	XVII

Zusammenfassung

Im klinischen Alltag wird die zentralvenöse Punktion meist an Hand anatomischer Leitstrukturen durchgeführt. Allerdings kann bei der Katheteranlage als auch -nutzung eine Reihe von schweren, sogar tödlichen Komplikationen auftreten. In den letzten Jahren finden sich nun vermehrt Publikationen, die den Einsatz von Ultraschall bei allen zentralvenösen Punktionen propagieren oder sogar fordern. Unbestritten und durch viele Studien belegt ist der Vorteil von bildgebenden als auch dopplersonographischen Verfahren bei ZVK-Anlagen. Diese Dissertation befasst sich damit und gliedert sich in zwei Abschnitte.

Im ersten Teil wurde an 340 Patienten, die einen zentralvenösen Katheter bekommen haben, untersucht, ob durch die Nutzung von Ultraschallverfahren bei der Punktion die Trefferrate beeinflusst wird. Genutzt wurden entweder bildgebender Ultraschall oder Dopplersonographie zur Punktion der V. jugularis interna. Alle untersuchten Patienten mussten sich Elektiveingriffen am Herzen unterziehen und erhielten dazu einen ZVK. Dabei wurden Notfallpatienten und Patienten nach radikaler Lymphknoten-dissektion des Halses von unserer Studie ausgeschlossen. Alle Kanülierungen erfolgten über einen mittleren zervikalen Zugang vom gleichen Operateur in Seldinger-Technik. Als ein Punktionsversuch galt das einmalige Vor- und Rückführen der Punktionsnadel. Erneutes Vorführen der Nadel oder ein zweiter Hauteinstich wurden als zweite Kanülierung gewertet. Die Anzahl der Punktionsversuche waren auf drei begrenzt und bildeten die Grundlage der statistischen Berechnung. Die Frage, ob es zwischen beiden Ultraschallverfahren hinsichtlich der Trefferrate einen Unterschied gibt, kann nach der statistischen Auswertung unserer Untersuchungsergebnisse zunächst mit „nein“ beantwortet werden, denn in Bezug auf eine erfolgreiche Punktion ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Ultraschalltechniken. Sie können demzufolge gleichermaßen gut zur zentralvenösen Kanülierung genutzt werden. Aber nach Unterteilung der Patienten entsprechend ihres Body-Maß-Index (BMI) fand sich aber an Hand der

Resultate bei einem BMI > 30 ein statistisch signifikanter Unterschied zugunsten der bildgebenden Ultraschalltechnik.

Gegenstand des zweiten Teiles meiner Dissertation ist eine Umfrage, die einen Überblick über die Anwendung von Ultraschall bei zentralvenösen Katheteranlagen in Deutschland, speziell in Krankenhäusern mit über 200 Betten gibt. Hierzu wurden Fragebögen an 817 leitende Ärzte solcher anästhesiologischer Abteilungen in deutschen Krankenhäusern verschickt und zur Nutzung von Ultraschall bei zentralvenösen Zugängen befragt. Die Rücklaufquote betrug 54,3%, d.h. 444 Fragebögen konnten ausgewertet werden. Dabei bezeichneten 208 der Antwortenden (46,8%) ihr Krankenhaus als Lehrkrankenhaus, 236 als Nicht-Lehrkrankenhaus (53,2%). Die Verfügbarkeit eines transportablen Ultraschallgerätes bejahten in unserer Umfrage 60% der Lehrkrankenhäuser und 55% der Nicht- Lehrkrankenhäuser. Ultraschall wird von 83 Abteilungen (18,7%) zur Anlage zentraler Venenkatheter eingesetzt. Davon setzen 43 (51,8%) diese Methode erst ein, wenn sich eine Punktion als schwierig erweist, nur 7 (8,4%) verwenden Ultraschall routinemäßig. Nur ein Drittel der Ultraschallanwender setzt diese Methode optimal, d.h. zur Punktion unter Ultraschallführung, ein. Aus Mangel an Ausrüstung können 136 (37,7 %) der Abteilungen den Ultraschall zur Anlage zentraler Venenkatheter nicht nutzen, 199 (55,1 %) erachten Ultraschall als nicht notwendig. In Deutschland werden zentrale Venenkatheter in der Regel anhand anatomischer Leitstrukturen gelegt. Zwar sollte grundsätzlich jeder Anästhesist und jeder Intensivmediziner in der Lage sein, zentrale Venenkatheter ohne Ultraschall zu legen, andererseits besteht kein Zweifel, dass die Nutzung von Ultraschall der ZVK-Anlage anhand anatomischer Leitstrukturen überlegen ist. Dies gilt insbesondere für Anfänger, bei Kindern und schwierigen Punktionsverhältnissen.

In diesem Sinne und in Betrachtung der allgemeinen Trends kann man Ultraschall als „**Stethoskop des neuen Jahrtausends**“ bezeichnen.

1 Einleitung

1.1 Allgemeine Ausführungen

Bei zentralen Venenkathetern handelt es sich um etwa 1 - 2 Millimeter dünne biegsame venöse Zuleitungen aus Kunststoff, die mittels Punktion, unter sterilen Kautelen in das Gefäßsystem eines Patienten eingebracht werden und deren Spitzen in den zentralen Venen liegen. In Deutschland werden jährlich ca. 1,5 Millionen ZVK verbraucht (persönliche Mitteilung B. Braun Melsungen AG, 2000).

Auf Grund der großzügiger gewordenen Indikationsstellung für einen ZVK steigt diese Zahl stetig. Trotzdem kann seine Anlage auch heute noch mit Komplikationen unterschiedlicher Schweregrade behaftet sein (Koski et al. 1992, Gilbert et al. 1995, Brass et al. 2001).

Zum größten Teil erfolgt die ZVK-Anlage im innerklinischen Bereich elektiv (Heitmann 1981). Neben vernünftiger Risiko-Nutzen-Abwägung für die Katheteranlage und sensibler Auswahl des Punktionsortes, sind eine Anzahl von Maßnahmen und allgemeinen Vorkehrungen zu treffen, die eine sichere Katheterplatzierung mit minimalem Komplikationsrisiko zum Ziel haben (Polderman und Girbes 2002). „Sicher“ bedeutet, dass der erste Punktionsversuch erfolgreich ist, die Katheterspitze optimal liegt und dabei keinerlei Komplikationen aufgetreten sind (Fletcher und Bodenham 2000). Die Punktion an Hand anatomischer Orientierungspunkte (Denys et al. 1993) birgt Risiken, wobei mit steigender Anzahl von zentralvenösen Kathetern auch die Komplikationen zunehmen (Fletcher und Bodenham 2000) und damit die Morbidität und Letalität von Patienten beeinflusst wird. Deshalb werden zunehmend Ultraschallmethoden für eine möglichst sichere zentrale Katheteranlage angewendet. Der positive Stellenwert von Ultraschall ist unbestritten, allerdings soll in dieser Studie untersucht werden, welches der beiden Verfahren (Doppler oder B-Mode) bei der ZVK-Anlage in die V. jugularis interna die besseren Ergebnisse erzielt.

1.2 Historischer Rückblick

Die erste „arterielle“ Katheterisierung wurde schon im Jahre 1905 von Bleichröder durchgeführt, aber erst 1912 publiziert (Bleichröder 1912).

Am Anfang der Entwicklung steht der Selbstversuch des Chirurgen und Urologen Professor Dr. med. Werner Forßmann. Er führte im Jahre 1929 einen 65 cm langen Ureterenkatheter von der linken Ellenbeuge aus bis zum rechten Herzen. Dies verfolgte er in einem, vor den Durchleuchtungsschirm, gehaltenen Spiegel (Forßmann 1929, Forßmann 1972).

Mit seinem Bericht darüber rief er damals in der Fachwelt Unverständnis und Ablehnung hervor (Burri et al. 1971, Burri und Ahnefeld 1977). Solche Versuche am Menschen schienen gefährlich und nicht vertretbar. Die Fortsetzung der Untersuchungen wurde ihm sogar verboten. Erst Jahrzehnte später, im Jahre 1956, wurde er mit dem Nobel-Preis für Medizin geehrt, denn durch diesen Herzkatheterismus leitete er eine Entwicklung ein, die heutzutage im Rahmen der Diagnostik, Überwachung und Behandlung von Patienten zur unverzichtbaren Routine geworden ist. Auch Meyers und Zimmermann, beides Pädiater, empfahlen diese Technik schon im Jahre 1945 zur parenteralen Ernährung von Kindern (Meyers 1945, Zimmermann 1945). Im Zusammenhang mit dieser neuen Methode musste notwendigerweise ein Kathetermaterial entwickelt werden, das gewebe- und venenfreundlich ist, weder chemisch noch enzymatisch durch die Körperflüssigkeit angegriffen oder gar zersetzt werden kann, keine schädlichen Substanzen wie Weichmacher abgibt und auch nach längerer Liegedauer im Gefäß weich und flexibel bleibt. Duffy empfahl 1949 hierfür Polyäthylen-Schläuche (Duffy 1949). Aubaniac veröffentlichte 1952 eine neue Technik zur Katheterisierung der oberen Hohlvene durch infraclavikuläre Punktion der V. subclavia (Aubaniac 1952). Langsam gewann diese Methode einen Katheter einzulegen an Popularität. Villafane führte sie 1953 in Südamerika ein; 1956 übernahm De Boscoli die gleiche Technik (De Boscoli 1956). Bereits 1959

berichteten Gritsch und Ballinger über die erfolgreiche Verwendung eines bestimmten Kathetermodells und den bisherigen Verbrauch von 500.000 PVC-Kathetern in den USA und anderen Ländern (Gritsch und Ballinger 1959).

Gegen Ende der 50er Jahre zeigte das Studium der damals noch recht spärlich verfügbaren Literatur sehr bald die Gründe für die doch hohe Komplikationsrate bei Katheteranlagen in Form von Sepsis, Thrombose und Embolie.

Im Wesentlichen fanden sich damals drei Faktoren:

- die bevorzugte Verwendung der V. femoralis bzw. V. saphena magna als Zugangsweg,
- die Anlage durch Venae sectio statt durch perkutane Punktion und
- die fehlende Lagekontrolle des Katheters nach Anlage (Opderbecke und Bardachzi 1961).

Um diesen drei Fehlerquellen erfolgreich zu begegnen, wurde nun die V. basilica zur Haupteingangsstelle für den peripheren Cavakatheter. Ferner zielten die Bemühungen darauf hin, den Katheter durch Punktion zu platzieren und schließlich schloss sich nach jeder Punktion die röntgenologische Lagekontrolle an.

Die Verwendung von Metallkanülen sowie Kathetermaterial als Meterware konnte mit wachsendem industriellem Fortschritt verlassen werden. In Europa veröffentlichte Opderbecke (DEUTSCHLAND) seine Erfahrungen mit V.-basilica-Kathetern im Jahre 1961 (Opderbecke und Bardachzi 1961). Seither setzte eine rasche Verbreitung des Cavakatheters ein, wobei die V. jugularis interna am häufigsten punktiert wird.

Tabelle 1 Historische Entwicklung der zentralvenösen Katheterisierung

JAHRES- ZAHL	AUTOREN/PERSONEN	THEMA
1929	Forßmann	Selbstversuch: "Die Sondierung des rechten Herzens"
1945	Meyers/ Zimmermann	Die intravenöse Katheterisierung für parenterale Therapie
1949	Duffy	Die klinische Nutzung von Polyäthylen-Schläuchen für zentralvenöse Infusionen
1952	Aubaniac	Veröffentlichung zur infraclavikulären Punktionstechnik der V. subclavia
1956	De Boscoli	Infraclavikuläre Venenpunktion und hauptsächliche Nutzung zur Bluttransfusion
1959	Gritsch/Ballinger	Verwendung von 500.000 PVC-Kathetern für intravenöse Therapie
1961	Opderbecke/ Bardachzi	Die Verwendung eines „Kava Katheters“ bei langandauernder Infusionstherapie
1966	Hermoshura et.al.	Die ZVD-Messung während intravenöser Therapie
1977	Burri/Ahnefeld	Der Vena-Cava-Katheter

2 Grundlagen

2.1 Zentrale Venen

Dieser Begriff ist nicht eindeutig definiert. Im Allgemeinen versteht man darunter das größtenteils intrathorakal liegende, herznahe und klappenlose Venensystem. Proximal sind es die Vv. subclaviae, die wie ein Teil der Vv. axillares von der Fascia clavipectoralis offen gehalten werden. Sie setzen sich fort in die Vv. brachiocephalicae, die sich zur V. cava superior vereinigen. Diese mündet schließlich in den rechten Vorhof. Ein Venenklappenpaar gibt es jeweils an der Einmündung der V. jugularis interna in die V. brachiocephlica, in deren Verlauf bis zum rechten Vorhof es dann, außer seltenen, kleinen unpaaren Venenklappen in der linken V. brachiocephalica, keine weiteren Klappen mehr gibt.

Die Venendurchmesser sind von Loeweneck und Mitarbeitern durch Präparation an 71 Leichen ermittelt worden (Loeweneck et al. 1978). Sie reichen von im Mittel ca. 12 mm in der V. subclavia bis 23 mm in der V. cava superior. Curelaru und dessen Mitarbeiter erhielten durch Phlebographien bei 44 Probanden ähnliche Werte (Curelaru et al. 1980). An diesen Zahlen wird die günstige Relation zwischen Katheterstärke und Gefäßlumina zentraler Venen deutlich. Je nach Katheterwahl variieren die Katheterstärken von 1,4 mm für Einlumenkatheter, 2,34 mm für Dreilumenkatheter, 2,4 mm für Pulmonalkatheter bis zu 4 mm starken Dialysekathetern.

2.2 Indikationen für eine ZVK-Anlage

Der Cavakatheter wird überwiegend im innerklinischen Bereich angewendet.

Unter ganz seltenen Umständen kann im Rahmen eines Rettungsdiensteinsatzes die Notwendigkeit bestehen, über einen solchen zentralen Zugang eine sachgerechte Therapie schon am Notfallort einleiten zu müssen. Hauptsächlich handelt es sich dabei um äußere Hindernisse, die das Aufsuchen von peripheren Venen bei Einklemmten, Verschütteten oder Brandverletzten unmöglich macht (Heitmann 1981).

Die Wahrscheinlichkeit der späteren intensiv-medizinischen Nachbehandlung stellt keine Indikation für eine zentrale Venenpunktion dar. (Burri et al. 1971).

Nun gibt es eine Reihe klinischer Behandlungsstrategien, die einen sicheren und dauerhaften venösen Zugang benötigen:

2.2.1 Katecholamintherapie

Bei allen Kreislaufdysregulationen ist erst durch einen ZVK die Möglichkeit gegeben, hochwirksame, kreislaufunterstützende Pharmaka in definierten Konzentrationen und definierter Flussrate herznah applizieren zu können.

Das spielt eine große Rolle im Rahmen der Katecholamintherapie bei Sepsis- und Schockpatienten sowie zur Behandlung der Herzinsuffizienz (Koski et al. 1992, Mangar et al. 1993, Fry et al. 1999, Jeske et al. 2003, Lewandowski und Lewandowski 2003).

2.2.2 Pulmonalkatheter/Herzschrittmacher

Swan-Ganz-Katheter erfordern zuvor eine zentralvenöse Platzierung von entsprechenden Schleusen und dienen hämodynamischen Messungen zur optimierten Kreislauftherapie (Lewandowski und Lewandowski 2003). Ebenso wie beim Einschwenken von Herzschrittmachern, liegen die Schleusen bevorzugt in der V. jugularis interna (Mangar et al. 1993).

2.2.3 Hämodialyse/Hämofiltration

Dafür wird ein Dialysekatheter möglichst an die Stelle des stärksten venösen Blutstromes platziert, um ein adäquates Einströmen des Blutes in das Katheterlumen zu gewährleisten. Während der Blutfluss in der V. brachiocephalica nicht ausreicht, die Lage des Katheters im Herzen Arrhythmien auslöst und zu Perforationen führen kann, ist die optimale Lage eines Dialysekatheters in der V. cava superior, nahe des Übergangs zum rechten Vorhof. Möglich ist auch die Position in der V. cava inferior beim Zugang über die V. femoralis (Lewandowski und Lewandowski 2003).

2.2.4 Totale parenterale Ernährung

Für Patienten, die nach ausgedehnten Operationen einer postoperativen parenteralen Ernährungstherapie mit Infusionslösungen bedürfen, ist die Anlage eines zentralvenösen Zuganges obligat, weil deren Osmolaritäten jenseits von 1000 - 1200 mosmol/l liegen (Longley et al. 1993, Heitmann 1981). Während eine reine Flüssigkeits- und Elektrolytsubstitution über Stunden bis zu wenigen Tagen durchaus über eine periphere Vene erfolgen kann, ist für eine langandauernde Infusionstherapie, insbesondere in Form der parenteralen Ernährung mit hyperosmolaren Aminosäuren und hochkalorischen Lösungen, ein Cavakatheter sinnvoll (Koski et al. 1992).

Von solch einem sicheren und dauerhaften venösen Zugang profitieren alle Patienten, wenn sie nicht in der Lage sind, adäquat Nahrung in ausreichender Menge und auf konventionelle Weise zu sich zu nehmen, um eine positive Stickstoffbilanz zu erzielen.

2.2.5 Chemotherapie und Infusion gewebeschädigender Substanzen

Sie verursachen bei Paravasaten Nekrosen und lassen sich durch den vorhandenen höheren Blutfluss in den zentralen Gefäßen rascher zu nicht ätzenden Konzentrationen verdünnen (Koski et al. 1992, Longley et al. 1993, Fry et al. 1999).

2.2.6 Hämodynamische Messungen (ZVD)

Die Lokalisation der ZVK-Spitze in der V. cava superior vor dem rechten Vorhof ist auch für diagnostische Maßnahmen notwendig, denn hier wird nach Definition der zentrale Venendruck (ZVD) gemessen.

Bei Patienten mit instabilen Kreislaufverhältnissen besteht die Möglichkeit, den zentralen Venendruck zu überwachen, die Kreislagsituation bei erheblichen Volumenverlusten einzuschätzen und dann entsprechenden Blut- und Flüssigkeitsersatz unter Berücksichtigung der kardialen und renalen Gesamtsituation vorzunehmen.

Beim horizontal liegenden Patienten ist der Druck in allen intrathorakalen Venen mit Differenzen von etwa 1,0 mmHg gleich. Der ZVD wird beeinflusst durch das Blutvolumen, den Gefäßwandtonus und der Leistung des rechten Herzens. Er liegt normalerweise bei 2 - 8 mmHg bzw. 3 - 11 cm H₂O (Braun und Hempel 1995).

2.2.7 Verbesserung des Patientenkomforts

Sind gehäufte Medikamentenapplikationen und vielfache Blutentnahmen zur Labordiagnostik notwendig, entlastet ein ZVK die peripheren Venen, die nach kurzer Zeit und häufigen Punktionen veröden. Wie an anderer Stelle erwähnt, wird die Indikation zur zentralvenösen Kanülierung manchmal auch einfach nur gestellt, weil der Patient über keinerlei peripheren Venen verfügt (Heitmann 1981).

ZVK-Träger sind in ihrer Bewegungsfreiheit in keinsten Weise eingeschränkt, können sich aktiv betätigen und bei bewusstlosen Patienten kann auch die passive Bewegungstherapie ohne Einschränkungen durchgeführt werden. Damit leistet der Cavakatheter nicht nur einen wesentlichen Beitrag zum physischen und psychischen Wohlergehen der Patienten, sondern auch zur Thrombose- und Embolieprophylaxe durch frühestmögliche Mobilisierung.

2.2.8 Diagnose und Therapie der venösen Luftembolie

Eine spezielle Lage des Katheters wird bei Operationen in sitzender Position empfohlen. In einer retrospektiven Untersuchung über einen Zeitraum von vier Jahren traten in sitzender Position venöse Luftembolien etwa dreimal so häufig auf (45 %) als bei Horizontallagerung der Patienten mit erhöhtem Kopf (12 %) - (Black et al. 1988). Bei Operationen in sitzender Position soll der ZVK im Falle einer Luftembolie diagnostischen als auch therapeutischen Zwecken dienen, weil sich die Luft nach Untersuchungen von Bunegin im Übergang der oberen Hohlvene zum rechten Vorhof sammelt und dann über einen dort liegenden Katheter abgezogen werden kann (Bunegin et al. 1981). Allerdings sind Effektivität und therapeutischer Gewinn dieser Maßnahme umstritten.

Tabelle 2 Indikationen für einen zentralvenösen Zugang
(Burri und Ahnefeld 1977, Heitmann 1981, Koski et al. 1992, Mangar et al. 1993, Kahn 1995, Fry et al. 1999, Lewandowski und Lewandowski 2003, Hind et al. 2003)

INDIKATIONEN FÜR EINEN ZENTRALVENÖSEN ZUGANG	THERAPEUTISCHE UND DIAGNOSTISCHER EINSATZ
Katecholamintherapie	Schockzustände, Reanimation, Herzinsuffizienz
Pulmonalkatheter Herzrhythmusstörungen	Hämodynamische Messungen, Herzschrittmacher
Dialysekatheter	Akute Hämodialyse, Hämofiltration
Totale parenterale Ernährung	Infusionen jenseits 1000 mosmol/l, Langzeitinfusionstherapie
Chemotherapie und andere gewebeschädigende Stoffe	Substanzen, die bei Paravasaten Nekrosen verursachen
Zentraler Venendruck	Einschätzung der Kreislagsituation
Verbesserung des Patientenkomforts	Sicherer dauerhafter venöser Zugang
Neurochirurgische Operationen (sitzende Pos.)	Venöse Luftembolie

2.3 Relative Kontraindikationen für eine ZVK-Anlage

Aufgrund einer Reihe von Komplikationsmöglichkeiten sollte im klinischen Alltag immer die Indikation zum ZVK unter Berücksichtigung anamnestischer, anatomisch-konstitutioneller, laborchemischer und prognostischer Gesichtspunkte überprüft werden (Polderman und Girbes 2002).

2.3.1 Anamnestische Gesichtspunkte

Ergeben sich aus der Krankengeschichte des Patienten schon mehrfach stattgehabte Katheteranlagen, ist eine schwierige Punktion nicht unwahrscheinlich. Genauso findet man nach bestimmten Voroperationen wie Schilddrüsen-, Carotis-, Halswirbelsäulen- oder anderen Operationen im Halsbereich doch eine unter Umständen veränderte Anatomie, die für eine schwierige bis unmögliche ZVK-Anlage verantwortlich sein kann. Auch stattgefundene Bestrahlungen können die anatomischen Strukturen in bestimmtem Maße verändern, so dass eine zentralvenöse Punktion nicht gelingt. Liegen zum Beispiel bei einem Patienten Stenosen oder Plaques der Halsschlagader vor, empfiehlt es sich nicht die V. jugularis interna derselben Seite als Zugangsweg zu wählen, weil bei versehentlicher Fehlpunktion der A. carotis abgelöste Plaques zentrale Durchblutungsstörungen hervorrufen können. Auch entstehende Hämatome erschweren unter Umständen die weitere Behandlung (Fry et al. 1999). Patienten mit Thoraxtraumen sind möglichst auf der verletzten Seite zu punktieren, weil diese Patienten durch eine Punktionskomplikation auf der gesunden Seite nicht noch zusätzlich gefährdet werden sollen (Heitmann 1981).

2.3.2 Anatomische/konstitutionelle Gesichtspunkte

Niedrigere Erfolgsraten im Rahmen einer zentralen Punktion liegen bei extrem adipösen Patienten vor, abgesehen davon, dass die dazu notwendige Flach- bzw. Kopftieflage auf Grund der Körperfülle nicht lange

oder überhaupt nicht toleriert wird (Fry et al. 1999). Sollten ausgedehnte Umgehungskreisläufe schon von außen sichtbar sein, liegt der Verdacht auf eine vorhandene Störung innerhalb der venösen Gefäßstrombahn vor. Eine stenosierte oder gar thrombosierte Vene kommt für eine Punktion von vorn herein nicht in Frage (Fry et al. 1999, Poldermann und Girbes 2002).

2.3.3 Laborchemische Gesichtspunkte

Unter diesem Aspekt sind angeborene, erworbene oder iatrogene Gerinnungsstörungen zu beachten. Bei einer Koagulopathie sollen oberflächliche und damit durch äußerlichen Druck kontrollierbare Zugangswege bevorzugt werden (Heitmann 1981, Fry et al. 1999).

2.3.4 Prognostische Gesichtspunkte

In diesem Zusammenhang sollte man bei pulmonologischen Erkrankungen einmal mehr die Indikation für einen zentralen Venenkatheter überdenken. Es lässt sich sicher nachvollziehen, dass bei schweren Lungenödemen, stark verminderter Lungenfunktion und akuten respiratorischen Insuffizienzen die Indikationsstellung für einen thorakalen ZVK aufgrund des Pneumothoraxrisikos mit möglichen deletären Folgen genauestens abgewogen und überlegt sein will (Fry et al. 1999). Die Benutzung der V. basilica ist nicht opportun, wenn die Unterarmvenen für einen zukünftig geplanten Dialyseshunt vorgesehen sind (Heitmann 1981). In seinen Untersuchungen stellt Heitmann für Patienten mit einem erhöhtem Hirndruck schon die zur ZVK-Anlage empfohlene Trendelenburgposition als Kontraindikation dar (Heitmann 1981, Mallory et al. 1990).

Bei der Beantwortung der Frage nach der Auswahl des jeweils optimalen Katheterzugangsweges werden die aktuelle Situation, die Risikoeinschätzung und nicht zuletzt die persönliche Erfahrung ausschlaggebende Gesichtspunkte darstellen (Polderman und Girbes 2002). Für eine Kanülierung zentraler Gefäße gibt es keine absoluten

Gegenanzeigen. Wenn für die erfolgreiche Behandlung eines Patienten ein zentraler Venenzugang unerlässlich ist, relativieren sich Kontraindikationen. Allerdings ist dann zwischen den in Betracht kommenden Punktionsorten derjenige auszuwählen, bei dem das niedrigste Komplikationsrisiko besteht. Bei höchster Dringlichkeit sollte schon der versierteste Punkteur die ZVK-Anlage vornehmen und je nach klinischer Situation oder bei zu erwartender, deutlich risikobehafteter Kanülierung der V. jugularis interna frühzeitig der Einsatz von Ultraschall erwogen werden (Polderman und Girbes 2002).

Den optimalen Zugangsweg, der allen Anforderungen genügt, gibt es nicht.

2.4 Verfahren zur ZVK-Anlage

Während als periphere Zugänge zum Cava-System die Armvenen, die V. jugularis externa und die V. femoralis in Frage kommen, stehen als so genannte zentrale, d.h. herznahe Zugänge, die V. jugularis interna, die V. subclavia und schließlich auch die V. brachiocephalica zur Verfügung.

2.4.1 Zentrale Zugänge

Zu den zentralen Zugangswegen zur oberen Hohlvene gehören die V. jugularis interna, V. subclavia und die V. brachiocephalica.

2.4.1.1 Vena jugularis interna und ihre Anatomie

Die V. jugularis interna der jeweiligen Seite nimmt das venöse Blut aus dem gesamten Stromgebiet der A. carotis communis auf. Sie verläuft vom Foramen jugulare an der lateralen Seite der A. carotis interna und der A. carotis communis bis hinter das Sternoclaviculargelenk und verbindet sich im Angulus venosus mit der V. subclavia. Die Jugularvene verläuft in der Gefäß-Nervenloge am weitesten lateral. Benachbarte Strukturen sind die A. carotis, der Nervus phrenicus, Äste des Plexus cervicalis, an der linken Seite der große Ductus thoracicus und rechts der kleinere Ductus lymphaticus, der Nervus vagus und der Grenzstrang mit dem Ganglion stellatum. Die Vene weist im zentralen Drittel ihres Verlaufes einen Durchmesser von 1,5 cm und mehr auf und ist bindegewebig mit der Fascia colli media verbunden (Burri et al. 1971).

Der Übergang in die V. brachiocephalica und schließlich in die V. cava superior erfolgt auf der rechten Seite praktisch ohne Richtungsänderung, wodurch diese Seite zum Punktionsort der 1. Wahl wird (Gilbert et al. 1995, Burri et al. 1971).

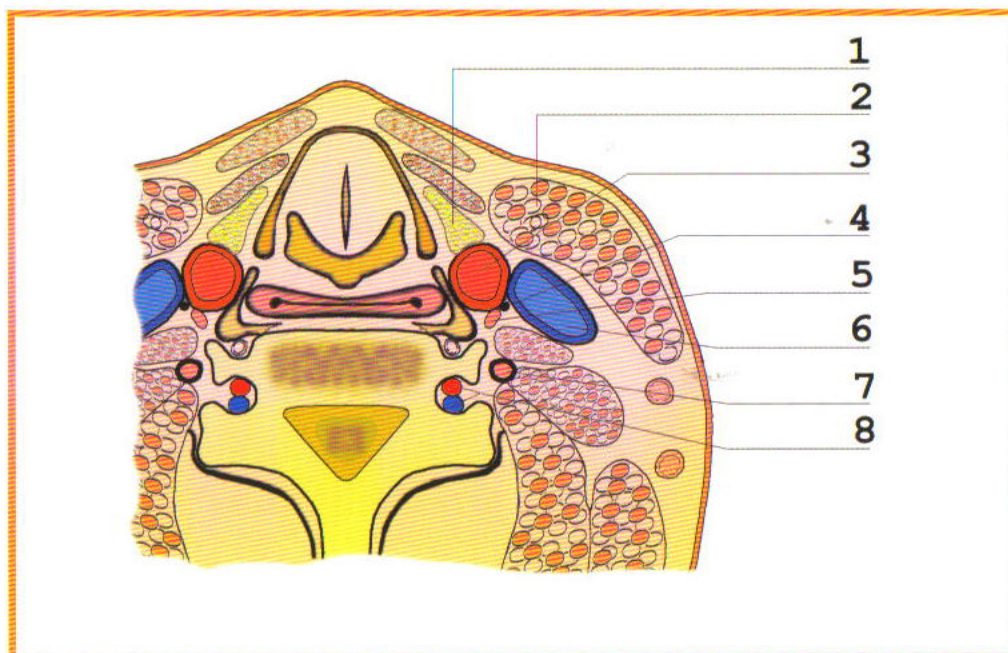
Vorteilhaft in diesem Zusammenhang ist darüber hinaus die gute Zugänglichkeit dieses Katheterortes auch während Operationen, womit

dieser zu einem gut darstellbarem Zugangsweg zum rechten Vorhof wird (Troianos et al. 1991, Polderman und Girbes 2002). Allerdings sind auch mit 10 % Wahrscheinlichkeit Abnormitäten der V. jugularis interna zu finden. Abgesehen von ihrem völligen Fehlen kann sie verschlossen sein oder in ungewöhnlicher Konfiguration auf einer Seite vorkommen (Mallory et al. 1990).

Infolge Ähnlichkeiten und Gemeinsamkeiten ergeben sich vier Basismethoden als Zugangswege zur V. jugularis interna → ventraler, dorsaler, zentraler und transmuskulärer Zugang.

Abbildung 1

Querschnitt durch die Halsweichteile auf Höhe des Kehlkopfes

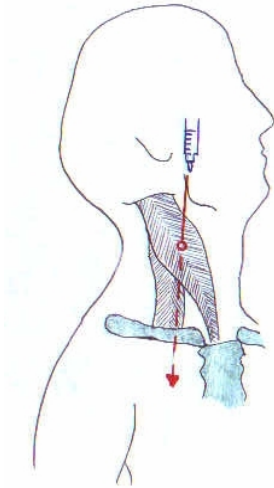


- 1 Schilddrüse
- 2 Musculus sternocleidomastoideus
- 3 Arteria carotis communis
- 4 Nervus vagus
- 5 Truncus sympathicus
- 6 Vena jugularis interna
- 7 Plexus brachialis
- 8 Arteria & Vena vertebralis

2.4.1.1.1 Ventrale Punktion

Abbildung 2

Ventrale Punktion der V. jugularis interna

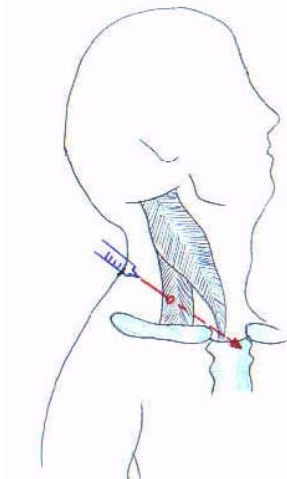


Beim ventralen Zugang wird der mediale Rand des M. sternocleidomastoideus bestimmt und dabei die A. carotis mit mehreren Fingern getastet. Die Punktionsstelle liegt in der Mitte des Gesamtverlaufes des M. sternocleidomastoideus an seinem vorderen Rand. Hier wird die Kanüle im Winkel von 30° bis 45° zur Haut eingestochen und in Richtung auf den clavikulären Ansatz des M. sternocleidomastoideus, also schräg von medial nach lateral, geführt. Diese Punktionsrichtung kreuzt die V. jugularis interna von medial nach lateral (Burri et al. 1971).

2.4.1.1.2 Dorsale Punktion

Abbildung 3

Dorsale Punktion der V. jugularis interna

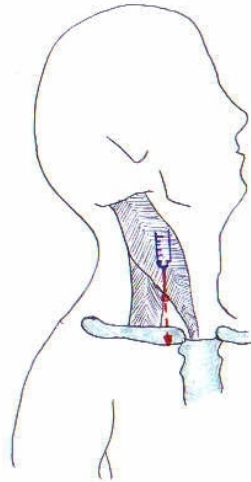


Genau entgegengesetzt ist die Punktionsrichtung der V. jugularis interna beim dorsalen Zugangsweg. An seinem lateralen Rand, zwischen dem mittleren und unteren Drittel des M. sternocleidomastoideus, wird die Nadel von lateral nach medial, in Richtung auf die Fossa jugularis vorgeschoben (Burri et al. 1971).

2.4.1.1.3 Zentrale Punktion

Abbildung 4

Zentrale Punktion der V. jugularis interna



Die Nadel wird beim zentralen Zugang an der Spitze des Dreiecks angesetzt, das von den beiden Ansatzköpfen des M. sternocleidomastoideus und der Clavicula gebildet wird. Sie wird in einem Winkel von 30° zur Horizontalebene in kaudaler Richtung auf den medialen Rand des clavikulären Muskelansatzes vorgeschoben und erreicht in einer Tiefe von 3 - 4 cm die Vene (Burri et al. 1971).

2.4.1.1.4 Transmuskuläre Punktion

Eine weitere Methode ist die Technik des transmuskulären Zuganges, der vor allem von Heitmann entwickelt und propagiert wurde. (Heitmann 1981). Die Carotis wird dabei mit mehreren Fingern ertastet. Punktiert wird an der Stelle, wo die V. jugularis externa posterior den M. sternocleidomastoideus kreuzt und die Nadel, in einem Winkel von 30° zur Hautoberfläche, transmuskulär in Richtung auf den medialen Rand des clavikulären Muskelansatzes vorgeschoben. Nach Überwindung des Widerstandes durch die Fascia colli wird die V. jugularis interna tangential in einer Tiefe von 3 - 5 cm erreicht (Burri et al. 1971).

2.5. Komplikationen

2.5.1 Komplikationen bei zentralen Zugängen

Dazu gehören Pneumothorax, Herzrhythmusstörungen, Hämatome, Pseudoaneurysmen, Thrombosen, Infektionen, Hämato- oder Hydrothorax, Herzbeuteltamponade, Luftembolien, Verletzungen des Ductus thoracicus, Embolisation von Cavakathetern, zerebrovaskuläre Ausfälle sowie Nervenverletzungen oder Verletzung des Plexus brachialis (Koski et al. 1992, Denys et al. 1993, Longley et al. 1993, Gilbert et al. 1995, Lefrant et al. 1998, Fry et al. 1999, Fletcher und Bodenham 2000, Polderman und Girbes 2002).

Tabelle 3 Katheterfehlagen in Abhängigkeit vom Zugangsweg
(Burri et al. 1971)

ZUGANGSWEG	ANZAHL DER KATHETER- FEHLLAGEN
V. basilica	8058 9,47 %
V. subclavia	20451 5,96 %
V. jugularis externa	1637 11,06 %
V. jugularis interna	10013 0,85 %

2.5.1.1 Komplikationen bei der Punktion der V. jugularis interna

Das Verfahren der Punktion der V. jugularis interna besticht durch hohe Treffsicherheit. Unter Berücksichtigung eines Seitenwechsels wird eine Erfolgsquote von 95 % erreicht (Troianos et al. 1991, Gilbert et al. 1995). Ebenso unkompliziert ist die Katheteranlage, die kaum mit Fehllagen belastet ist und je nach Erfahrung des Operateurs um 5 – 10 % schwankt (Denys et al. 1993). Allerdings beziffern Gilbert und Mitarbeiter bei anatomischen Varianten die Fehllagen auf 19 % (Gilbert et al. 1995).

Akzidentelle Punktionen der A. carotis kommen relativ häufig vor und dabei ist es möglich, dass vorhandene Plaques im Gefäß gelöst werden, die unter Umständen der Grund für spätere zentralnervöse Ausfälle sein können (Polderman und Girbes 2002). Nicht zu unterschätzen ist in diesem Zusammenhang auch lang ausgeübter manueller Druck auf die „arterielle“ Einstichstelle, wodurch es zur verminderten oder unterbrochenen Hirndurchblutung mit eventuellen neurologischen Folgen kommen kann. Auch Plexusverletzungen werden hin und wieder beschrieben.

Der gerade Verlauf der rechtsseitigen V. jugularis interna reduziert die Anzahl der Punktionsversuche und damit das Risiko für Intimaläsionen, die als Ursache nachfolgender Thrombusbildungen angesehen werden (Polderman und Girbes 2002). Die sorgfältige palpatorische Identifizierung der A. carotis ist Voraussetzung für eine erfolgreiche Punktion. Das kann nicht immer mit genügender Sicherheit realisiert werden, z. B. bei Schock- und unruhigen Patienten sowie solchen, im Kreislaufstillstand.

Im Vergleich mit der V. subclavia treten sowohl arterielle Punktionen (3,0 vs. 0,5 %) als auch Bakteriämien häufiger auf (Lewandowski und Lewandowski 2003, Heine et al. 2003).

Während sich beide Methoden bezüglich der Häufigkeit von Hämato- oder Pneumothorax nicht wesentlich unterscheiden (1,5 % für die Subclaviapunktion vs. 1,3 %), sind beim Zugangsweg über die V. jugularis interna weniger Fehllagen zu verzeichnen (9,3 vs. 5,3 %) - (Ruesch et al. 2002).

Über gleiche Ergebnisse berichtet Poldermann in seinem Review. Auch spätere Komplikationen treten häufiger auf nach ZVK über die interne Jugularvene (Polderman und Girbes 2002, Lewandowski und Lewandowski 2003).

Tabelle 4 Komplikationen beim Jugularis-Interna-Katheter bei 10013 Fällen (17 Autoren) – Häufigkeit in % (Burri et al. 1971)

KOMPLIKATIONEN	(%)
Punktion nicht möglich	1,76
Falsche Lage	0,85
Embolie	0
Phlebitis	0,01
Sepsis	0,01
Arterienpunktion	0,51
Pneumothorax	0,05
Hydrothorax	0,02
Tod des Patienten	0

In ihrem Übersichtsartikel haben Poldermann und Girbes vier Hauptkategorien für Komplikationen bei zentralvenösen Punktionen formuliert:

1. Katheter-assoziierte Faktoren: z.B. Kathetertyp, Kathetermaterial, Nutzung des Katheters,
2. Patienten-assoziierte Faktoren: z.B. Anatomie, Medikamente, Immunstatus,
3. Auswahl der katheterführenden Vene: z.B. V. jugularis, V. subclavia oder V. femoralis,
4. Faktoren, die vom Personal abhängig sind: z.B. allgemeiner Ausbildungsstand und Erfahrung, allgemeine Hygiene, Qualität der Katheterpflege durch mittleres medizinisches Personal (Polderman und Girbes 2002).

Tabelle 5 Patientenassoziierte Risikofaktoren für Komplikationen oder Fehllagen während zentralvenöser Katheterisierung der V. jugularis interna (Poldermann und Girbes 2002)

Mäßiges Risiko	Etwas erhöhtes Risiko
kürzlicher ZVK an gleicher Stelle	abnorme Relation Größe/Gewicht
anamnestisch lokale Strahlentherapie	starkes Übergewicht
Z. n. Sternotomie	pathologische Gerinnungsparameter
anamnestisch Z. n. Claviculafraktur	hoher Beatmungsdruck
Thrombozytopenie	generalisierte Arteriosklerose
Venenthrombose auf der Pkt.-seite	Sepsis
Fibrinolysetherapie	ventrikuläre Arrhythmien
unruhiger Patient	COPD
kürzlicher Myokardinfarkt	Hypovolämie

2.6 Komplikationen bei der Lokalanästhesie

Die echte Nervenschädigung muss von der vorübergehenden „Lähmung“ durch infiltrierte Lokalanästhetikallösungen unterschieden werden.

Außerdem können auftreten:

- Phrenicusparese - vorübergehend mit Atemnot und Zwerchfellhochstand,
- Horner-Syndrom - durch zeitweise Blockade des Ganglion stellatum (Reddy et. al. 1998),
- Vagusblockade - durch Infiltration des Glomus caroticum (Lewandowski und Lewandowski 2003),
- meist, ohne warnende Vorzeichen, Krampfanfälle - durch versehentlich intravasale Applikation des Lokalanästhetikums (Braun und Hempel 1995).

2.7 Punktionsbedingte Komplikationen

2.7.1 Pneumothorax

Er zählt sowohl zu den häufigsten (5 %) als auch gravierendsten Komplikationen nach ZVK-Anlage (Lewandowski und Lewandowski 2003). Besonders gefährdet sind Patienten mit COPD oder anderen bullösen Lungenerkrankungen, übergewichtige Patienten, solche mit abnormen Veränderungen des Skeletts oder der Muskulatur. Gefährdet sind aber auch maschinell beatmete Patienten, bei denen mit hohen Beatmungsspitzen drücken und hohem PEEP die Lungenspitzen weit nach apikal ausgedehnt werden. Viele der typischen Symptome wie Brustschmerz, Tachykardie, Dyspnoe, abgeschwächtes Atemgeräusch, hypersonorer Klopfschall der betroffenen Seite, Zyanose, vermindertes Herzzeitvolumen, gesteigerter zentraler Venendruck, Hypoxie und Hyperkapnie sind bei maschinell Beatmeten nur schwer, oft nur vom Erfahrenen, oder gar nicht zu erkennen. Eine Röntgenaufnahme, möglichst direkt nach Katheteranlage durchgeführt, gilt als etablierter Standard. Zum sicheren Pneumothoraxausschluss sollte jedoch ein zweites Röntgenbild 4 - 24 Stunden später erfolgen. Entwickelt sich ein Spannungspneumothorax, muss dieser unverzüglich durch das Legen einer Pleuradrainage behandelt werden. Nach frustranen Punktionsversuchen auf der einen Seite müssen weitere Versuche auf der Gegenseite solange unterbleiben, bis ein Pneumothorax sicher ausgeschlossen wurde (Lewandowski und Lewandowski 2003).

2.7.2 Hämatome

Größtenteils ist eine arterielle Punktion die Ursache, die Häufigkeit liegt zwischen 0,9 % und 19 %. Die Rate dieser Komplikation korreliert mit Geschick, Erfahrung des Ausführenden, der ausgewählten Punktionsstelle, Dringlichkeit der Situation und der Anzahl der Punktionsversuche (Polderman und Girbes 2002, Lewandowski und Lewandowski 2003). Obwohl die meisten akzidentellen arteriellen

Punktionen ohne Folgen bleiben, wird gelegentlich über eine hämatombedingte Kompression der Atemwege, der Arterie oder auch Tod durch Verbluten berichtet (Ermakov und Hoyt 1992, Benter et al. 1999). Kommt eine arterielle Punktion vor, reicht oftmals eine leichte externe Kompression aus. Wird aber eine große Schleuse fälschlicherweise in die Arterie eingeführt und steht der Patient unter Antikoagulantientherapie oder leidet an einer Gerinnungsstörung, kann unter Umständen eine chirurgische Versorgung notwendig werden.

Die Häufigkeit klinisch signifikanter Hämatombildungen kann gesenkt werden, in dem man folgendes beachtet:

- bestmögliche Identifizierung der Vene vor Punktion,
- Vermeidung zahlloser Punktionsversuche,
- zunächst dünne Nadeln zum Aufsuchen der Vene verwenden,
- bei wahrscheinlicher Fehllage mittels BGA oder Druckkurve arterielle Lage ausschließen bevor Dilatatoren eingeführt werden und
- **in als schwierig angesehenen Fällen von vornherein die Sonographie einsetzen!** (Polderman und Girbes 2002, Lewandowski und Lewandowski 2003).

2.7.3 Hämato-/Hydrothorax

Gefäßperforationen können durch die Punktionsnadel, den Einführungsdraht und beim Einlegen des Katheters vorkommen. Darüber hinaus wird die Möglichkeit der chemischen Erosion durch Infusionen als Ursache für eine Gefäßperforation beschrieben (Fletcher und Bodenham 2000). Während es beim Durchstechen der V. basilica, V. femoralis oder V. jugularis externa zu einer Hämatombildung kommt, die keine größere Komplikation darstellt, aber eventuell weitere Punktionsversuche unmöglich macht, sind Verletzungen der zentralen Venen von klinischer Bedeutung (Schummer et al. 2001). Das Perforationsrisiko steigt, je senkrechter der Katheter zur Gefäßwand kommt, bspw. wird die

linksseitige zentralvenöse Punktion als risikoreicher beschrieben, weil die V. brachiocephalica links fast senkrecht in die V. cava superior einmündet (Fletcher und Bodenham 2000). Lokalisiert sich die Perforationsstelle im Bereich der V. subclavia, V. brachiocephalica oder V. cava, so kann die eindringende Katheterspitze einen Hämato- oder Hydrothorax verursachen. Um eine extravaskuläre Lage auszuschließen, sollte vor Katheterbestückung aus allen Schenkeln des Katheters leicht Blut zu aspirieren sein. Allerdings stellt das keinen Beweis für die korrekte Lage dar, denn Blut lässt sich auch beim Hämatothorax aus allen Katheterlumina aspirieren (Tonczar et al. 1977, Pina et al. 1992). Oft verläuft ein Hydrothorax zunächst symptomarm und wird nach einer Röntgenthoraxaufnahme diagnostiziert. Bei symptomatischen Patienten ist eine Thorakozentese indiziert (Lewandowski und Lewandowski 2003).

2.7.4 Luftembolien

Bei Kanülierung eines zentralvenösen Gefäßes ist die Aspiration von Luft durch die Punktionsnadel, die Schleuse oder den dekonnektierten Katheter bei negativer Druckdifferenz möglich. Eine aspirierte Luftmenge von 50 - 100 ml kann letale Folgen haben. Bei einer Druckdifferenz von 4 cm H₂O wird durch eine herkömmliche Punktionsnadel (4 cm Länge, 18 G Durchmesser) innerhalb von 1 Sekunde ein Volumen von 90 ml aspiriert (Poldermann und Girbes 2002).

Luftembolien können während oder nach Anlage eines ZVK auftreten. Der Verlauf hängt im Wesentlichen vom Anteil der Luftmenge in der Lungenstrombahn ab. Bei Verlegung von mehr als 50 % tritt bei Patienten ohne Vorerkrankung eine Drucksteigerung in der A. pulmonalis auf. Deutliche klinische Zeichen (Dyspnoe, Todesangst, Schwindel, neurologische Symptome durch die zerebrale Hypoxie, Thoraxschmerz, „Mühlrad“-Geräusch auskultatorisch) liegen vor, wenn 40 – 60 % der Lungengefäße verlegt sind. Eine Schocksituation hat man in der Regel bei 70%iger Okklusion der Pulmonalisstrombahn (Braun und Hempel 1995).

Luft vermischt sich mit Blut und die Aggregation von Thrombozyten, Erythrozyten und Fettmolekülen führt zur pulmonalen Vasokonstriktion und Hypertension. Auf Grund der Endothelschädigung entsteht ein Permeabilitätslungenödem. Aus der verminderten Lungencompliance mit Hypoxämie und Rechtsherzversagen resultieren letztlich eine myokardiale Ischämie mit akutem Herz-Kreislauf-Stillstand. Im Jahre 1987 wurden von Seidelin 79 Fälle beschrieben, die in 32 – 50 % der Fälle letal endeten (Seidelin et al. 1987).

In Narkose kann der Abfall der endexpiratorischen Kohlendioxidkonzentration zugleich mit einer Erhöhung des arteriellen Kohlendioxidpartialdruckes dokumentiert werden (Lewandowski und Lewandowski 2003).

Eine Luftembolie ist eine iatrogene Komplikation und besonderes Augenmerk sollte daher auf die Prävention gelegt werden (Lewandowski und Lewandowski 2003). Für Punktionen der großen Venen des Oberkörpers wird die Trendelenburg-Position empfohlen. Die Öffnung der Nadel sollte verschlossen sein und nur zum Einführen des Drahtes freigegeben werden. Während dieser Zeit wird der Patient aufgefordert ein Valsalva-Manöver auszuführen oder auszuatmen. Ein ausreichender Volumenstatus des Patienten, das Aufsetzen einer Spritze auf die Punktionsnadel und die Überprüfung aller Katheterverbindungen auf luftdichten Sitz sind weitere Schutzmaßnahmen.

Die Fähigkeit des Lungenstrombettes, Luft abzufiltern, wird ab einer Bolusinjektion von ca. 30 ml Luft erschöpft (Schlotterbeck et al. 1997). Die tödliche Luftmenge wird auf 300 - 500 ml Luft bei einer „Einströmrage“ von 100 ml pro Sekunde geschätzt; es gibt jedoch auch Hinweise, dass bereits wesentlich geringere Luftmengen (50 - 100 ml) ausreichen, um zu einem Verschluss der Ausflussbahn des rechten Ventrikels mit nachfolgendem Herzstillstand zu führen (Lewandowski und Lewandowski 2003).

2.7.5 Verletzungen des Ductus thoracicus

Insgesamt ist die Anatomie des Lymphsystems sehr variabel (Schummer et al. 2003). Der Ductus thoracicus beginnt in der Cisterna chyli, steigt mit seinem Hauptlymphstamm rechts hinter der Aorta auf und mündet bei 95 % links und bei 5 % rechts am Angulus venosus in die V. brachiocephalica. Seine Verletzung kann zu einem Chylomediastinum oder Chylothorax (Schummer et al. 2003), seltener zu einer Chylusfistel führen. In den meisten Fällen wird er bei supraclavikulärer Punktion der V. subclavia verletzt. Der erste traumatisch bedingte Chylothorax wurde von Quinke beschrieben (Quinke 1875). Meist genügt nach Punktion eine manuelle Kompression. Beim Vorliegen eines Chylothorax muss eine Thoraxdrainage gelegt und der Fettanteil in der Ernährung deutlich reduziert werden, um die Lymphproduktion zu drosseln. Dem Verletzungsrisiko kann man durch bevorzugte Punktion der rechten Seite vorbeugen (Lewandowski und Lewandowski 2003).

2.7.6 Zentralnervöse Ausfälle

Mit dem Vorhandensein von Arteriosklerose erhöht sich das Risiko mit Fehlpunktionen der A. carotis zentralnervöse Ausfälle zu provozieren (Polderman und Girbes 2002). Die Hämatombildung oder eine lang andauernde externe Kompression des Gefäßes, nach versehentlicher arterieller Punktion der A. carotis sowie dabei eventuell abgelöste Plaques, können eine zentrale Ischämie auslösen (Lewandowski und Lewandowski 2003). Da die Patienten heute meistens über 70 Jahre sind, müssen bestehende arteriosklerotische Intimaveränderungen einkalkuliert werden. Auch Verletzungen der A. vertebralis beim Versuch, die V. jugularis interna zu punktieren, können zu einem ausgeprägten zerebrovaskulären Infarkt führen (Lewandowski und Lewandowski 2003). Die schweren neurologischen Folgeschäden wie Hemi- oder Tetraplegie oder gar Todesfälle können zum Teil verhindert werden, wenn die notwendige Punktion der V. jugularis interna bei Risikopatienten, (z.B. Erkrankungen der A. carotis, der A. vertebralis oder bei, hochdosierter

Heparintherapie), auf der gesunden Seite, wenigstens aber mittels Ultraschall durchgeführt wird, um dadurch gleichzeitig das Komplikationsspektrum zu minimieren (Lewandowski und Lewandowski 2003).

2.7.7 Nervenverletzungen

Sie sind eine äußerst seltene Folge bei der Anlage eines ZVK und können durch direkte Verletzung der Nerven mit Punktionsnadel, Führungsdraht oder Katheter verursacht werden. Schädigungen sind auch indirekt auf Grund einer Hämatombildung oder Extravasation gewebetoxischer Flüssigkeiten möglich (Fletcher und Bodenham 2000, Lewandowski und Lewandowski 2003).

Beschrieben wurden Verletzungen des Plexus brachialis, des Nervus phrenicus, des Nervus recurrens, der Hirnnerven sowie des Sympathicus-Grenzstranges (Horner-Syndrom).

Die Kompression des Plexus brachialis verursacht Schmerzen und Taubheitsgefühl der ulnaren Seite des Armes (Longley et al. 1993).

2.7.8 Entstehung von Fisteln

Arteriovenöse Fisteln entstehen meist zwischen A. carotis communis und V. jugularis interna nach multiplen Punktionsversuchen an der gleichen Stelle mit mehrfachen Perforationen beider Gefäße (Polderman und Girbes 2002)

Venotracheale Fisteln kommen bei Verletzung der Vene und der Trachea vor (Lewandowski und Lewandowski 2003).

2.7.9 Pseudoaneurysmen

Insbesondere bei Patienten mit Erkrankungen der A. carotis communis und mit einer Koagulopathie führt die versehentliche Verletzung arterieller

Gefäße bei der Punktion der V. jugularis interna zu erhöhter Morbidität und Letalität, wobei das Spektrum von einfachen Hämatomen über Pseudoaneurysmen und Thromboembolien bis hin zu lebensbedrohlichen Blutungen und Atemwegskompression reicht (Schummer et al. 2003).

Sicherlich ist die häufigste Verletzung die der A. carotis communis, aber auch versehentliche Punktionen des Truncus brachiocephalicus, der A. subclavia, der A. vertebralis, der A. cervicalis und des Truncus thyreocervicalis wurden beschrieben (Schummer et al. 2003).

2.7.10 Verletzungen der Trachea

Eher selten kann es durch die Punktionsnadel oder den Führungsdraht zur Perforation der Trachea kommen. In dessen Folge können sich ausgeprägte Hämoptysen entwickeln, die eine Intubation erfordern (Lewandowski und Lewandowski 2003).

2.8 Katheterbedingte Komplikationen

2.8.1 Herzrhythmusstörungen

Beim Verschieben des Führungsdrahtes, Einführen des ZVK, bei Palpation der A. carotis, aber auch bei Lageveränderungen bereits liegender zentraler Zugänge, können ventrikuläre (bis 25 %) oder supraventrikuläre Arrhythmien (bis 41 %) auftreten (Fletcher und Bodenham 2000, Lewandowski und Lewandowski 2003). Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens ist höher bei kleiner Körpergröße und gleichzeitig zu tiefer Katheterposition, insbesondere bei V.-basilica-Kathetern, weil diese bei Armbewegungen weiter in Richtung Herz vorgeschoben werden und damit anhaltende Herzrhythmusstörungen auslösen können. Besonders gefährdet für eine solche Komplikation sind Patienten mit frischen Myokardischämien. Die entscheidende Gegenmaßnahme ist, den Führungsdraht bzw. den Katheter rasch zurückzuziehen und bei fortbestehender Dysrhythmie, medikamentös oder elektrisch zu konvertieren (Lewandowski und Lewandowski 2003). In der Literatur sind allerdings auch Fälle beschrieben, bei denen ausgelöste Herzrhythmusstörungen tödlich ausgingen (Buchwald 1976).

2.8.2 Thrombosen

Die Erstbeschreibung einer klinisch manifesten Thrombose stammt von Mc Donough und Altemeier (McDonough und Altemeier 1971). Die Inzidenz wird mit 3 % - 90 % angegeben, wobei diese große Spannweite auf diagnostische Schwierigkeiten und Unterschiede in den untersuchten Patientenkollektiven hinweist (Lewandowski und Lewandowski 2003).

Klinisch manifeste Thrombosen sind bei den heute verwendeten Zugangswegen und Kathetermaterialien eine Seltenheit geworden. Trotzdem besteht bezüglich ihres Auftretens eine deutliche Abhängigkeit von Lumen und Verlauf der betreffenden Vene (Burri et al. 1971). Bei Katheteranlagen in einem relativ englumigen Gefäß muss man in über 2/3,

beim Subclavia-Katheter in ungefähr 1/3 der Fälle mit der Entstehung thrombotischer Veränderungen rechnen (Burri et al. 1971).

Longley beschreibt Thrombosen im Allgemeinen als Konsequenz zentraler Katheter oder Herzschrittmacherdrähte und gibt ihre Häufigkeit mit 26 % - 67 % an (Longley et al. 1993).

Andere Autoren beziffern thrombogene Faktoren mit 25 % – 70 % (Fletcher und Bodenham 2000). Heparinzusätze zur Infusion sollen die Häufigkeit der Thrombosierung nicht beeinflussen (Burri et al. 1971). Bei Patienten mit katheterassoziierter Thrombose kommt es zur Embolisation kleinerer oder größerer Thromben, noch bevor diese sich an die Venenwand heften (Frank et al. 2000).

Mögliche Folgen solch einer Thrombose sind mit jeweils 12 % Häufigkeit die Lungenembolie (Longley et al. 1993, Fletcher und Bodenham 2000), sowie chronisches Ödem, Schmerzen, Pseudotumor und der Verlust eines potentiellen Zugangsweges für die Anlage eines ZVK (Lewandowski und Lewandowski 2003).

Die Virchowsche-Trias (lokales Trauma, Stase und veränderte Koagulabilität) erklärt die nahezu unvermeidbare Ausbildung von Thrombosen im Zusammenhang mit einer zentralen Kanülierung. Wiederum Poldermann stellte in seinem Review fest, dass größere und steifere Katheter zwar einerseits das Handling der Katheterplatzierung vereinfachen, aber auf der anderen Seite häufiger für Hämatome und ein gesteigertes Thromboserisiko verantwortlich sind (Polderman und Girbes 2002). Die lokale Verletzung ist abhängig von eventuellen Schwierigkeiten bei der Punktion, dem Einführen des Führungsdrahtes, der Liegedauer und der Art des Katheters. Von signifikantem Einfluss auf das Auftreten dieser Komplikationen scheint das Kathetermaterial selbst zu sein. So verursacht silikonisiertes PVC häufiger Thrombosen als Silikon. Dem letzteren Material ist demnach eindeutig der Vorzug zu geben (Burri et al. 1971).

Die Folgen des lokalen Traumas können verstärkt werden durch Infusion hyperosmolarer Lösungen oder Chemotherapeutika.

Bei Patienten mit gutem Allgemeinzustand traten in 4,3 % der Fälle Thrombosen auf, bei reduziertem Körperzustand stieg die Häufigkeit auf 8,4 % (Burri et al. 1971). Eine Venenfreilegung erhöhte im Gegensatz zur perkutanen Applikation auch die Thromboseinzidenz (Burri et al. 1971). Eindeutig erschien die Häufigkeitszunahme bei lokalen Veränderungen, indem vorbestehende Phlebitiden die manifesten Thrombosen von 6,1 % auf 23 % ansteigen ließen (Burri et al. 1971). Zur Thrombosebildung prädestinieren weiterhin venöse Einflusstauung, veränderte Gerinnungsparameter, vorausgegangene periphere Katheter und Veränderungen des Hautzustandes. Außerdem spielen Katheterort und die Liegedauer des Katheters bei der Häufigkeit von Thrombosen eine Rolle. Klinisch manifeste Lungenembolien, die auf eine katheterbedingte Thrombose zurückzuführen waren, traten in keiner Studie auf (Burri et al. 1971).

Leider existieren keine aktuellen Daten zu Thrombosen zentraler Venen, die meisten katheterassoziierten Thrombosen verlaufen asymptomatisch (Lewandowski und Lewandowski 2003).

2.8.3 Infektionen

Für die Diagnose einer Katheterinfektion werden die klinischen Zeichen einer Infektion und eine positive Blutkultur mit demselben Keimnachweis verlangt. Diese soll sowohl aus dem Katheter als auch aus der Peripherie des Patienten abgenommen werden.

Je nach Schweregrad der Infektion können entzündliche Venenveränderungen, eitrige Thrombophlebitiden sowie katheterbedingte Sepsisfälle beim Cavakatheter auftreten. In den Studien bestätigt sich immer wieder der Zusammenhang zwischen bakterieller Kontamination und Liegedauer. So wurde durch Siewert bei Kathetern mit kurzer

Liegedauer von 1 - 3 Tagen in 12 % und nach 3 Wochen in 45 % eine Infektion nachgewiesen (Burri et al. 1971).

Ein reduzierter Allgemeinzustand, gewisse vorbestehende Leiden wie Diabetes mellitus, Urämie sowie tracheotomierte oder intubierte Patienten und hypovolämische oder infektiöse Schockzustände begünstigen massive Anstiege von bakteriologischen Befunden. Bestehende Thrombosen, Phlebitiden oder traumatische Schädigungen im Einlegegebiet oder entlang der Kathetervene beeinflussen die Infektionshäufigkeit genauso wie mehrere Punktionsversuche. Die Untersuchungen von Poldermann geben Infektionen mit einer Häufigkeit von 1 % - 40 % an (Polderman und Girbes 2002). Diese große Schwankungsbreite ergibt sich aus der unterschiedlichen Interpretation von Infektionen. Die Mortalitätsrate einer katheterbedingten Sepsis beziffert sich auf bis zu 25 % (Fletcher und Bodenham 2000).

In einer relativ neuen Veröffentlichung haben Jeske et al. 112 Patienten mit einem ZVK hinsichtlich bakterieller Besiedlung untersucht und stellten fest, dass die Katheterkontamination ursächlich durch Bakterienkontakt während der ersten Punktion begründet ist (Jeske et al. 2003). Unter Nutzung der DNA-Analyse wurden die Katheterspitzen von den wegen klinischer Infektionszeichen entfernten Kathetern auf Erreger untersucht, und mit denen verglichen, welche zur Einbringung der Katheter genutzt wurden. Dabei wiesen 83 Punktionssets (74,1 %) übereinstimmende bakterielle Besiedlungen auf. „Die Haut als das 1. Schlachtfeld“ lautet eine Arbeit, in der sich Prielipp und Sherertz ebenfalls mit diesem Thema beschäftigen und zu dem Schluss kamen, dass die physikalische Penetration der Hautbarriere während des Katheterlegens ein Mechanismus ist, aus dem eine frühe bakterielle Besiedlung des Katheters resultiert (Prielipp und Sherertz 2003).

Sie zählen nach einer Arbeit von Bouza et. al. mit 14 % zu den dritthäufigsten aller nosokomialen Infektionen (Bouza et al. 2002).

2.8.4 Embolisationen

Eine schwerwiegende Komplikation beim Cavakatheter kann die Embolisation eines Draht- oder Katheterfragmentes oder des ganzen Katheters in den zentralvenösen Kreislauf sein. In einer alten Studie wird dessen Häufigkeit mit 1 ‰ angegeben (Burri et al. 1971). Die hierbei häufigste Ursache ist das Abscheren des Katheters an der Nadelspitze. Weit seltener fanden sich abgebrochene, abgerissene oder abgelöste Katheter oder Katheterfragmente und dadurch ausgelöste Embolien. In seltenen Fällen wird vergessen, den Draht zu entfernen (Lewandowski und Lewandowski 2003).

2.8.5 Herzbeutelamponade

Die Herzbeutelamponade, aus Untersuchungen von 1958 - 2001 mit einer Letalitätsrate zwischen 47 % und 100% angegeben, zählt zu den schwersten Komplikationen im Zusammenhang mit einer ZVK-Anlage (Lewandowski und Lewandowski 2003). Symptome sind Brustschmerz, Übelkeit, Dyspnoe, Zyanose, Tachykardie, Hypotension, paradoxer Puls und ein relativ typisches Röntgenbild. Die Dekompensation dieses Zustandes ist der Herz-Kreislauf-Zusammenbruch und bedarf sofortiger Therapie (Fletcher und Bodenham 2000).

In einer Literaturübersicht lag die Letalität im Zeitraum von 1970 - 1986 bei 78 % - 95 % (Heinze und Rothe 1990). Beim Erwachsenen kann eine Flüssigkeitsansammlung von 100 ml bis 300 ml im Herzbeutel tödlich sein. Ihre Ursache ist eine Gefäßwanderosion und letztlich Perforation durch den Führungsdraht oder den Katheter selbst. Bei 90 % liegt die Perforation der Katheterspitze im rechten Vorhof oder Ventrikel und bei den übrigen 10 % in der V. cava superior (Fletcher und Bodenham 2000).

Über die V. jugularis gelegte Katheter zeigten bei Nackenbeugung bzw. maximale Streckung nach dorsal einen Kathetervorschub von 1,5 – 3 cm (Curelaru et al. 1980), bei über die Armvenen gelegte ZVK sind sogar 9 cm beschrieben worden (van Dijk und Bakker 1977, Lang- Jensen et al. 1980, Kalso et al. 1982). Therapie der Perikardtamponade ist die unverzügliche Perikardiozentese (Lewandowski und Lewandowski 2003).

2.8.6 Katheterfehlagen

- intravasal
- extravasal intrapulmonal
- extravasal intramediastinal
- extravasal intrapleural

2.8.7 Schleifen- und Knotenbildungen

Lewandowski berichtet in seinem Artikel über Komplikationen in Form von Verknotungen des Drahtes selbst, Verknotungen mit dem Katheter und Embolien durch abgerissene Draht- oder Katheterfragmente (Lewandowski und Lewandowski 2003).

Vor jeder zentralvenösen Punktion ist eine gründliche und dokumentierte Aufklärung des Patienten bezüglich möglicher Risiken und Komplikationen notwendig.

Hierfür wird der nachfolgend dargestellte Aufklärungsbogen in den Kliniken verwendet.

Abbildung 5 (A) Vorderseite eines in Kliniken verwendeten Aufklärungsbogens zur Anlage eines zentralen Venenkatheters

ICPM: 5-399.5

com

pliance

DOKUMENTIERTE PATIENTENAUFKLÄRUNG®
 Basisinformation zum Aufklärungsgespräch über

Cava

D

Patientendaten/Aufkleber

Cava-Katheter

Legen eines Hohlvenen-Katheters

☐ Halsvene (Vena jugularis, Vena anonyma)

☐ rechts / ☐ links

☐ Schlüsselbeinvene (Vena subclavia)

☐ rechts / ☐ links

☐ Armvene (Vena basilica, Vena cephalica)

☐ rechts / ☐ links

Liebe Patientin, lieber Patient,

der vorliegende Aufklärungsbogen soll Sie über das Legen und die Anwendung des Hohlvenenkatheters informieren. Das wird Ihnen helfen, sich auf das Gespräch mit der/dem Ärztin/Arzt (im folgenden nur Arzt) vorzubereiten. Er wird Sie über Notwendigkeit, Vor- und Nachteile sowie über Risiken und Nebenwirkungen der geplanten Maßnahme eingehend aufklären.

Weshalb ist ein Venenkatheter nötig?

Viele Behandlungsmaßnahmen, z.B. nach großen operativen Eingriffen, erfordern über einen längeren Zeitraum die intravenöse Gabe von Medikamenten und Infusionen. Auch regelmäßige Messungen des zentralvenösen Blutdrucks und Blutentnahmen müssen während der Behandlung vorgenommen werden.

Mit einem Venenkatheter (ein 1-2 Millimeter dünner, biegsamer Kunststoffschlauch) können diese Maßnahmen problemlos durchgeführt werden, da wiederholte Venenpunktionen an den Händen oder den Unterarmen, die ansonsten ohne Katheter nötig wären, rasch zu Venenentzündungen und Thrombosen führen und die weitere Infusionstherapie sehr erschweren würden.

Welche Komplikationen und Nebenwirkungen können auftreten?

Kein ärztlicher Eingriff ist völlig frei von Risiken! Trotz größter Sorgfalt können bei der Venenkatheterisierung in Einzelfällen Komplikationen auftreten. Dabei muß grundsätzlich zwischen **Nebenwirkungen** und **Komplikationen**, die bei jedem Eingriff auftreten können und solchen unterschieden werden, die typisch für das spezielle Verfahren sind.

Allgemeine Nebenwirkungen und Komplikationen:

- **Blutergüsse und Infektionen** im Bereich der Einstichstellen von Kanülen und Kathetern und/oder deren Umgebung;
- **Entzündung** der punktierten Gefäße, auch im Verlaufe des Katheters;

Wie wird der Venenkatheter gelegt?

Nach sorgfältiger Desinfektion der Einstichstelle punktiert der Arzt eine größere Vene im vorgesehenen Gebiet, schiebt den Katheter bis in die **Obere Hohlvene (Vena cava superior)** vor und platziert sodann die Katheterspitze vor dem Herzen (Abb. 1). Dies geschieht für Sie nahezu schmerzfrei in **örtlicher Betäubung**. Sie bemerken lediglich den Einstich der Betäubungsspritze. Beim weiteren Vorschieben des Katheters in der Vene verspüren Sie in aller Regel keine Schmerzen.

Die korrekte Lage des Katheters überprüft der Arzt anhand einer Röntgenaufnahme, wozu eventuell zur besseren Darstellung Kontrastmittel in den Katheter eingespritzt werden muß. Gelegentlich kann auch eine Röntgendurchleuchtung nötig sein. Eventuell muß noch eine Lagekorrektur des Katheters vorgenommen werden.

Liegt der Katheter an der gewünschten Stelle, wird er mit Pflaster oder einer kleinen Hautnaht an der Einstichstelle fixiert und verbunden.

Vereinfachte, schematische Darstellung

Von der Allgemeinen Deutschen Patienten-Organisation (A. D. P. O.) überprüft und empfohlen.

Reg. 12/95
Dr. 12/96/BM.DP

Dokumentierte Patientenaufklärung • Herausgeber: Dr. med. D. Straube • Fachgebietsrsg.: Prof. Dr. med. P.M. Osswald • Autor: Dr. med. W. Wirth, Prof. Dr. jur. G. H. Schlund • © 1996 by perimed Compliance Verlag, 91058 Erlangen • **Nachdruck – auch auszugsweise – und fotokopieren verboten.**
Bestell-Nr. 601-012 • Bestell-Adresse: perimed Compliance Verlag Dr. Straube GmbH, Weinstr. 70, 91058 Erlangen, Tel. 09131/609-202, Fax 609-217

36

Abbildung 5 (B) Rückseite eines in Kliniken verwendeten Aufklärungsbogens zur Anlage eines zentralen Venenkatheters

<ul style="list-style-type: none"> • <u>Mißempfindungen</u> im Bereich der Einstichstelle durch ungewollte Verletzung der Hautnerven; • <u>allergische Reaktion</u> (Überempfindlichkeitsreaktion) mit Hautausschlag, Juckreiz etc. bei Überempfindlichkeit gegen die verwendeten Röntgenkontrast- und örtlichen Betäubungsmittel. <p>In der Regel sind diese Beschwerden harmlos und verschwinden nach einiger Zeit von selbst bzw. können gut behandelt werden.</p> <p>Spezielle Nebenwirkungen und ernste Komplikationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Punktion einer Schlagader</u> (Arterie) mit Ausbildung eines <u>Blutergusses</u>, der nur sehr selten behandlungsbedürftig ist; • äußerst selten <u>Funktionseinschränkung benachbarter Organe</u> durch starke Ausbreitung des Blutergusses mit <u>Atembehinderung</u> und <u>Schluckbeschwerden</u> (besonders bei Punktionen am Hals und Störungen der Blutgerinnung); • <u>Thrombosen/Embolien</u> (Bildung/Verschleppung von Gerinnseln) in den punktierten Gefäßen mit der Gefahr der Verschleppung in Herz und Lunge und der seltenen Möglichkeit einer <u>Lungenembolie</u>; • <u>Entzündung</u> (Thrombophlebitis) der Armvenen bei Verwendung langer Armvenenkatheter mit der Gefahr des Gefäßverschlusses; • <u>Verletzungen von Nerven</u> des Halses (Zwerchfellnerven und Stimmbandnerven) mit nachfolgender <u>Atemstörung</u> und <u>Heiserkeit</u>, der Schulter (Armnervengeflecht) oder des Armes mit nachfolgenden <u>Gefühls- und Bewegungsstörungen</u> im betroffenen Arm; • <u>Verletzung des Rippenfells</u> im Hals-Schulter-Bereich mit Eindringen von Luft in den Brustraum, Zusammenfallen des betroffenen Lungenflügels (Pneumothorax) und <u>Atemstörung</u>, wodurch das Einlegen einer Saugdrainage in den Brustraum zur Lungenentfaltung sowie kurzfristig eine künstliche Beatmung nötig werden kann; • außerordentlich selten <u>schwere allergische Reaktionen</u> mit <u>Kreislaufchock</u>, <u>Herzversagen</u> und <u>Atemstillstand</u> durch die verwendeten Röntgenkontrast- und örtlichen Betäubungsmittel; • äußerst selten <u>Abriß eines Teils des Kunststoffkatheters</u> in der Vene und mögliche Verschleppung in Herz oder Lunge durch den Blutstrom mit der Notwendigkeit einer operativen Entfernung aus dem betroffenen Gefäßabschnitt. 	<p>3. Nehmen Sie regelmäßig andere Medikamente ein? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja Wenn ja, welche und wie oft? _____</p> <p>4. Bestehen Allergien/Unverträglichkeiten (z.B. gegen Medikamente, Jod, Kontrastmittel, Pflaster, Latex, Nahrungs- oder Betäubungsmittel)? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja Wenn ja, wogegen? _____</p> <p>5. Frauen im gebärfähigen Alter: Könnten Sie schwanger sein? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja</p>
<p>Ärztliche Anmerkungen zum Aufklärungsgespräch (z.B. individuelle Risiken und mögliche Komplikationen, mögliche Nachteile im Falle einer Ablehnung/Verschiebung des Eingriffes, Gründe für die Ablehnung, Betreuungsfall)</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Datum/Uhrzeit Unterschrift der Ärztin /des Arztes</p>	
<p>Einwilligungserklärung:</p> <p><input type="checkbox"/> Über das Anlegen eines Cava-Katheters hat mich Frau/Herr Dr. _____ in einem Aufklärungsgespräch ausführlich informiert. Dabei konnte ich alle mir wichtig erscheinenden Fragen über Art, Bedeutung und Notwendigkeit des Eingriffes, über spezielle Risiken und mögliche Komplikationen stellen.</p> <p><input type="checkbox"/> Ich habe keine weiteren Fragen, fühle mich ausreichend aufgeklärt und willige hiermit nach ausreichender Bedenkzeit in den geplanten Eingriff ein.</p> <p>Ort/Datum Unterschrift der Patientin/des Patienten</p>	
<p>Im Falle einer Ablehnung des Eingriffes:</p> <p><input type="checkbox"/> Der vorgeschlagene Eingriff wurde nach eingehender Aufklärung abgelehnt. Über die sich daraus ergebenden möglichen Nachteile wurde informiert.</p> <p>Ort/Datum/Uhrzeit</p> <p>Unterschrift der Ärztin/ des Arztes Unterschrift der Patientin/ des Patienten</p>	
<p>Fragen zur Anamnese:</p> <p>Durch sorgfältige Beantwortung der nachfolgenden Fragen helfen Sie uns, Ihren Gesundheitszustand besser beurteilen zu können und mögliche Risiken zu erkennen. So können Komplikationen vermieden werden.</p> <p>1. Besteht eine Bluterkrankung bzw. erhöhte Blutungsneigung (z.B. häufiges Nasenbluten, Neigung zu Blutergüssen oder blauen Flecken)? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja</p> <p>2. Nehmen Sie blutgerinnungshemmende Medikamente ein (z.B. Marcumar, Aspirin) oder wird Ihnen Heparin gespritzt? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja</p>	

2.9 Zielsetzung

Die zentralvenöse Punktion der V. jugularis interna stellt in der Anästhesie ein routinemäßig angewendetes Verfahren dar, das aus dem klinischen Alltag nicht mehr wegzudenken ist und sich inzwischen zum Punktionsort der 1. Wahl herauskristallisiert hat (Hermoshura et al. 1966). In der bereits veröffentlichten Literatur gibt es, trotz der vielfältigen Punktionstechniken, keine einheitlichen Richtlinien für eine ZVK-Anlage (Denys und Uretsky 1991).

Seit ihrer Einführung 1966 durch HERMOSHURA hat diese Methode eine Weiterentwicklung erfahren und die zentralvenöse Katheteranlage relativ treffsicher gemacht. Relativ deshalb, weil die nach anatomischen Landmarken orientierte Punktionstechnik der V. jugularis interna keine 100%ige Trefferquote ergibt (Troianos et al. 1991, Heitmann 1981, Gilbert et al. 1995). Diesem meist genutzten Zugangsweg sind anatomische Strukturen benachbart, die bei versehentlicher Verletzung zu schwerwiegenden Beeinträchtigungen, unter Umständen auch zum Tode führen können (Koski et al. 1992, Gilbert et al. 1995, Brass et al. 2001). Deshalb ist bei jeder ZVK-Anlage kritisch zwischen erhofftem Vorteil und möglichen Risiken abzuwägen. Wird die Punktion vom Ungeübten oder Unerfahrenen durchgeführt, kann die Erfolgsquote beim ersten Versuch lediglich 38 % betragen, diese steigt allerdings bei sinkender Komplikationsrate, wenn ein, im Verfahren venöser Punktionen, geübter Kollege punktiert (Denys et al. 1993, Lewandowski und Lewandowski 2003). Das heißt, basierend auf Erfahrung und Geschick des Punktierenden, aber auch in Abhängigkeit von der zeitlichen Dringlichkeit für eine ZVK-Anlage und der anatomischen Konstitution des Patienten, der Anzahl der Punktionsversuche sowie dem Gerinnungsstatus variiert das Komplikationsrisiko zwischen 1 % und 15 % (Bailey et al. 2000, Fletcher und Bodenham 2000, Hind et al. 2003). Nun finden sich in den letzten Jahren vermehrt Publikationen, die den Einsatz von Ultraschall bei zentralvenösen Punktionen empfehlen. Dies wurde erstmals 1984 beschrieben, nur war zu dieser Zeit noch unklar, ob sich dadurch auch die

Komplikationsrate senken lässt. Schon 1996 zeigten Randolph und Mitarbeiter, dass die ultraschallgestützte Kanülierung („Real-Time“ Ultraschall oder Doppler-Ultraschall) die Rate der Fehlpunktionen entscheidend senkt (Randolph et al. 1996). Zum gleichen Ergebnis kam die Studie von Keenan, die nach Auswertung von 18 Veröffentlichungen zu ultraschallgeführten Punktionen der großen Venen eine signifikante Reduktion der Fehlpunktionen belegte (Keenan 2002).

Ziel dieser Arbeit ist es, den Stellenwert von Ultraschall gegenüber Doppler bei der ZVK-Anlage in die V. jugularis interna zu analysieren. Anhand der Trefferquote ist eine statistische Aussage möglich, ob bei der zentralvenösen Punktion eines der beiden Verfahren deutliche Vorteile bietet.

Im zweiten Teil meiner Arbeit werden Fragebögen ausgewertet, die eine Aussage über die Anwendung von Ultraschall bei ZVK-Anlagen in Deutschland ermöglichen.

3 Patienten und Methoden

3.1 Fragestellung

Die Anwendung von bildgebenden Ultraschallmethoden im Rahmen einer ZVK-Anlage liefert zunächst wertvolle Aussagen über die Anatomie der Zielgefäße und ihrer Umgebung. So haben beispielsweise Denys und Uretsky 1991 festgestellt, dass nur 92 % des untersuchten Patientenkollektivs eine normale Anatomie der V. jugularis interna aufwiesen (Denys und Uretsky 1991). In ihren Studien berichten Lichtenstein und Mitarbeiter dass in 6 % die rechte V. jugularis interna bezüglich ihrer Größe dominiert (Lichtenstein et al. 2001).

Verschiedene Manöver vergrößern oder verkleinern den Gefäßquerschnitt, was in verschiedenen Untersuchungen gezeigt werden konnte (Amstrong et al. 1994, Longley et al 1993, Mallory et al. 1990). Ferner können auch Thrombosen festgestellt werden (Longley et al. 1993).

Trotz der Vielzahl veröffentlichter Punktionswege gibt es noch keine allgemein zufriedenstellende Kanülierungstechnik.

Jedes Verfahren, das eine Lokalisation der V. jugularis interna auch bei atypischem Verlauf gestattet, kann die Erfolgsrate erhöhen bzw. die Komplikationsrate senken.

Unter diesem Aspekt und weil es bisher keine vergleichenden Daten gibt, haben wir in unserer Untersuchung bildgebenden als auch dopplersonographischen Ultraschall bei zentralvenösen Punktionen der V. jugularis interna hinsichtlich der Trefferquote miteinander verglichen.

Entsprechend der Erfolgsraten soll die statistische Auswertung zeigen, ob sich entweder eines der beiden Ultraschallverfahren bei den zentralvenösen Kanülierungen als vorteilhafter erweist, oder ob man beide mit gleichem Erfolg einsetzen kann.

3.2 Studiendesign

Es handelt sich um eine prospektive randomisierte Studie.

Nach Genehmigung durch die Ethikkommission der Friedrich Schiller Universität Jena wurden in einem Zeitraum von 8 Monaten im Jahre 2002 an der Universitätsklinik Jena 340 erwachsene kardiochirurgische Patienten in eine vergleichende Studie aufgenommen. Alle mussten sich Elektiveingriffen am Herzen unterziehen und erhielten dazu einen zentralvenösen Katheter.

Ausschlusskriterien waren Notfallpatienten und Patienten nach radikaler Lymphknotendisektion des Halses. Alle Kanülierungen der V. jugularis interna wurden nach Einleitung einer Vollnarkose über einen mittleren zervikalen Zugang vom gleichen Operateur in Seldinger Technik ausgeführt. Als ein Punktionsversuch galt das einmalige Vor- und Rückführen der Punktionsnadel. Das erneute Vorführen der Nadel genauso wie ein 2. Hauteinstich galten als zweiter Kanülierungsversuch. Die Nutzung beider Ultraschalltechniken wurde zunächst jeweils eine Woche im Rahmen zentralvenöser Kanülierungen trainiert.

Die Entscheidung schließlich, welches der beiden Ultraschallverfahren zum Einsatz kam, regelte sich von selbst durch die zeitlich begrenzten Probestellungen für die entsprechenden Geräte.

3.3 Probanden

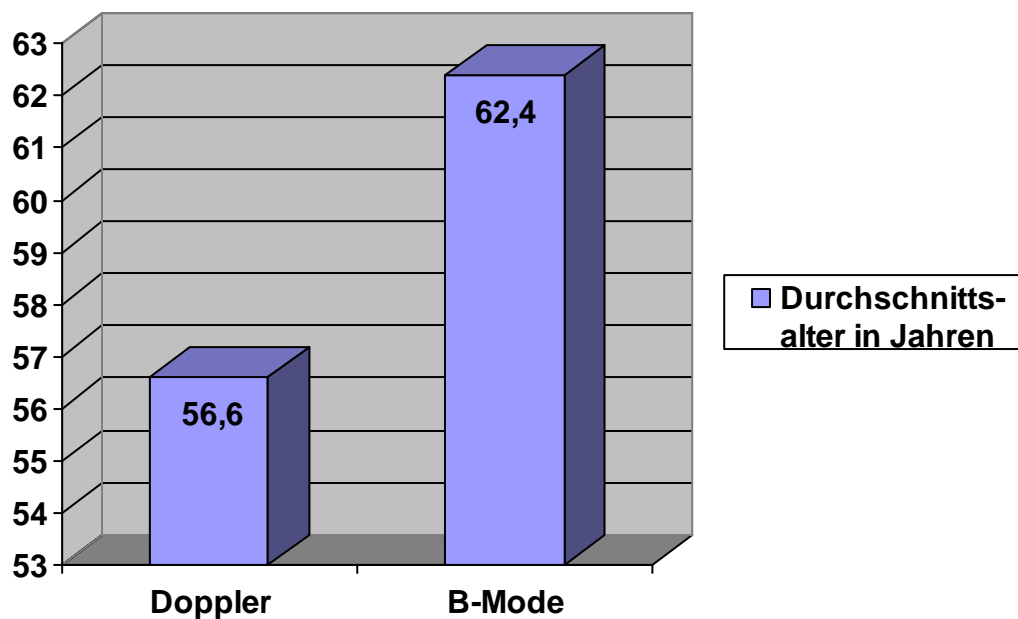
Unsere Probanden stimmten nach ausführlicher Aufklärung schriftlich zu und bekamen entweder den Zugang mit Hilfe des Doppler-, oder bildgebenden Ultraschallverfahrens gelegt. Von April bis Dezember 2002 erfassten wir somit für unsere Studie insgesamt 340 Patienten mit zentralen Katheteranlagen über die V. jugularis interna. Jeweils ein Patient pro Gruppe musste wegen eines Gerätefehlers von unserer Studie ausgeschlossen werden.

3.3.1 Alter

Das Durchschnittsalter aller in die Studie einbezogenen Probanden lag bei 59,2 Jahren. Dieses setzte sich zusammen aus dem Mittelwert von Doppler (56,6 Jahre) und B-Mode (62,4 Jahre).

Tabelle 6 Altersverteilung bei unseren Probanden

DOPPLER (ALTERSDURCHSCHNITT)	B-MODE (ALTERSDURCHSCHNITT)
56,6	62,4

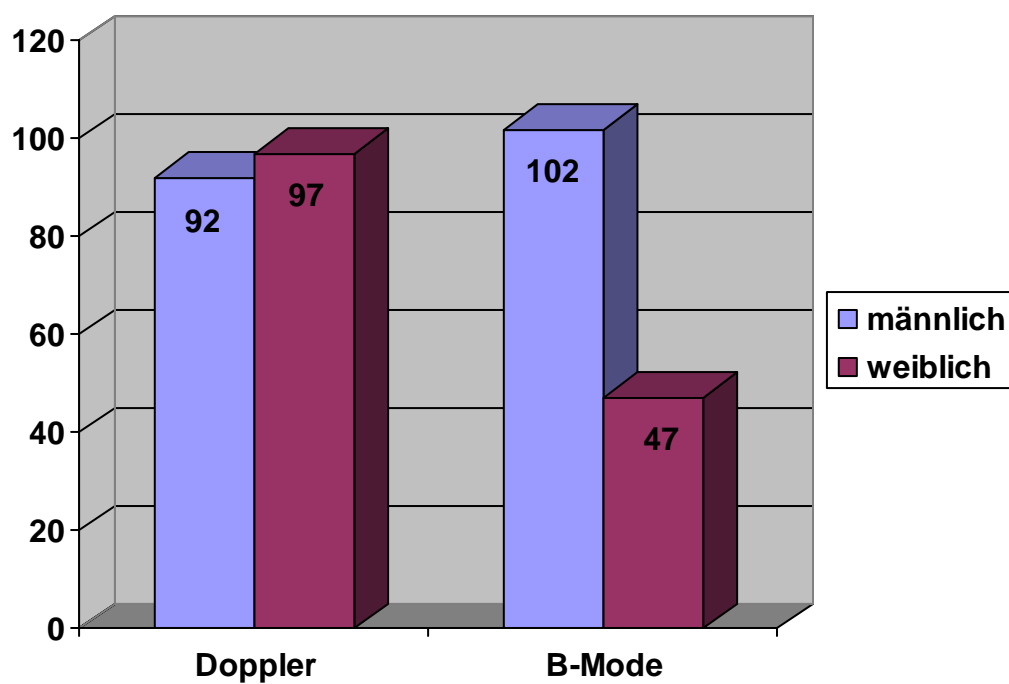


3.3.2 Geschlecht

Die Geschlechterverteilung beider Gruppen verhielt sich wie folgt:

Tabelle 7 Geschlechtsverteilung bei unseren Probanden

GESCHLECHT	DOPPLER	B-MODE
Männlich	92	102
Weiblich	97	47



3.3.3 Body-Maß-Index

Dieses Maß ist der Quotient aus Körpergewicht in kg und Körpergröße in m².

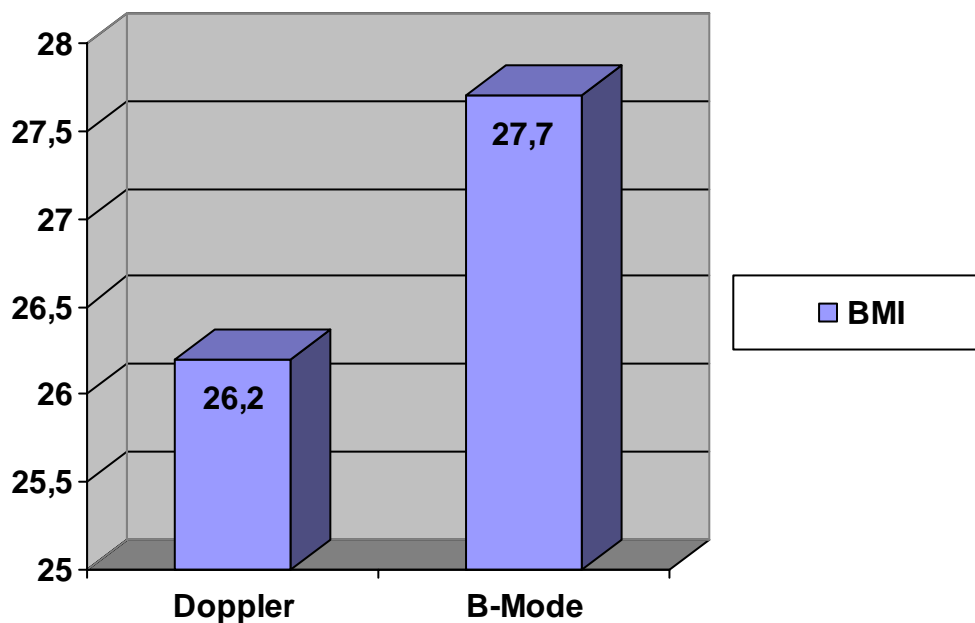
Berechnungsbeispiel für einen 70 kg schweren und 172 cm großen Patienten → $70 : (1,72 \text{ m})^2 = 23,6$

Bewertet wird dieses Maß wie folgt:

- < 20 = Untergewicht
- 20 - 25 = Normalgewicht
- 25 - 30 = Übergewicht
- > 30 = Adipositas

Tabelle 8 BMI unserer Probanden (Durchschnitt)

DOPPLER (BMI-DURCHSCHNITT)	B-MODE (BMI-DURCHSCHNITT)
26,2	27,7



3.4 Messungen

Das Vorgehen für die zentralvenösen Punktionen war standardisiert und erfolgte in Seldinger-Technik durch den mit der Methode vertrauten Anästhesisten. Der Arzt bereitete sich und das Punktionsgebiet steril vor und brachte den Patienten in eine Trendelenburg- Position von 20°. Die jeweilige V. jugularis interna wurde, ausgehend vom mittleren Halsbereich, den Kopf in Neutralposition, kanüliert und ein Polyurethan - 3 - Lumen Katheter (Certofix von B. Braun Melsungen, 30 cm, 7 French) eingelegt. Als Punktionsversuch galt jeder Nadelstich vom Subkutangewebe aus, der notwendig war, bevor die Vene getroffen wurde, wobei jede Richtungsänderung der Nadel in die Anzahl der Punktionen einging. Das Protokoll limitierte die Nadelstiche auf maximal 3. Als Komplikationen wurden zuvor arterielle Punktionen, Nervenverletzungen, Pneumothorax, Hämatothorax, lokale oder mediastinale Hämatome sowie Katheterfehlagen definiert. Die Unfähigkeit unser Zielgefäß zu kanülieren, wurde als Misserfolg gewertet.

3.5 Materialien und Geräte

3.5.1 Ultraschall (Sonographie)

Die Punktion mittels bildgebendem Ultraschall führten wir mit dem „Site Rite II®“ Ultraschallscanner durch.

Technische Daten :

Ultraschallbilddarstellung	mechanischer B-Bild Sektorscanner
Sondenfrequenz	7,5 und 9 MHz
Tiefendarstellung	wahlweise 2 und 4 cm
Gewicht	3,0 kg
Zubehör	
Sterile Sondenhülle inclusive Einweg-Nadelführung	

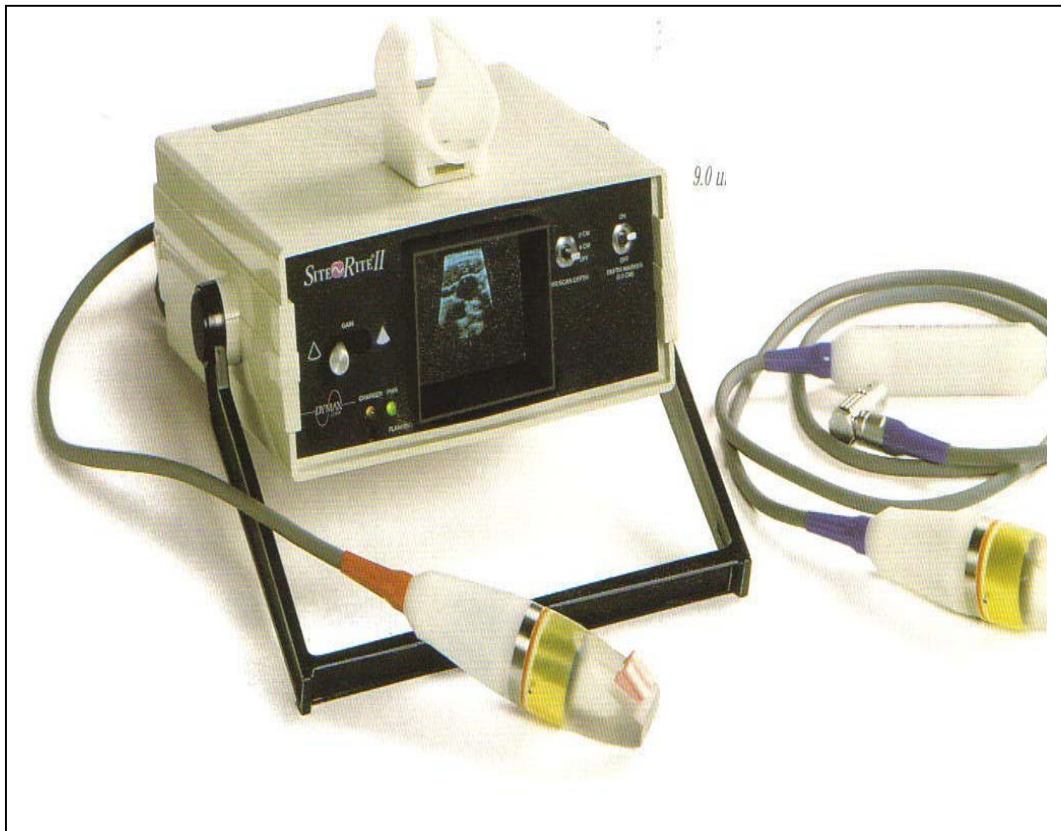
Abbildung 6 Site Rite II®-Monitor mit fahrbarem Gestell



Abbildung 7 an US-Sonde angebrachte patentierte Nadelführung



Abbildung 8 Site Rite II[®] mit 9,0 und 7,5 MHz-Sonden



3.5.2 Ultraschall-doppler

Die dopplersonographisch gestützte Punktion führten wir mit dem Sono Guide 2[®] Doppler durch.

Technische Daten :

Sondenfrequenz 5,0 oder 2,5 MHz

Zubehör:

Dopplersonde 18 - 5.0 MHz

Fußschalter

Sono Cup[®] (Koppelmedium)

Sondenanschluss (Redal-Stecker)

Abbildung 9 Sono Guide 2[®] auf fahrbarem Gestell mit Zubehör

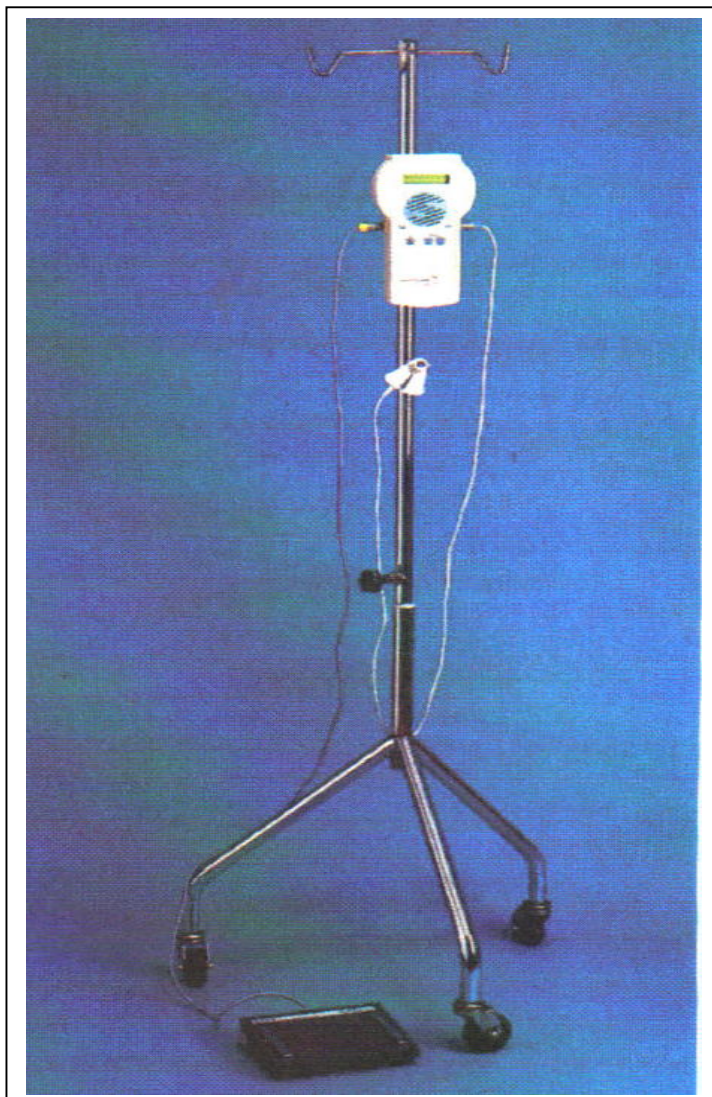


Abbildung 10
Sono Cup - zur einmaligen Verwendung
bestimmtes Koppelmedium

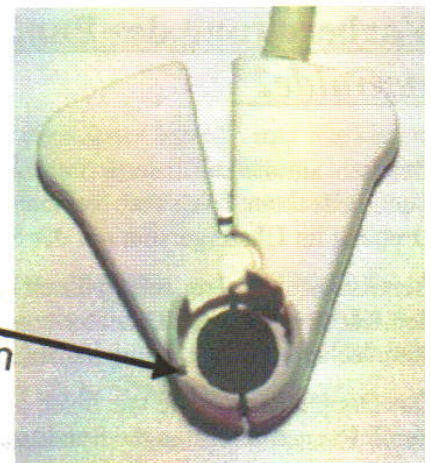
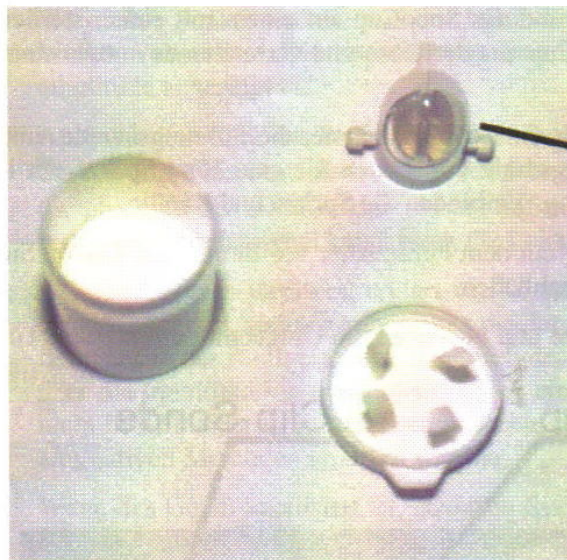


Abbildung 11
Clipsonde des Sono Guide 2®

Abbildung 12 Bedienfeld des Dopplergerätes

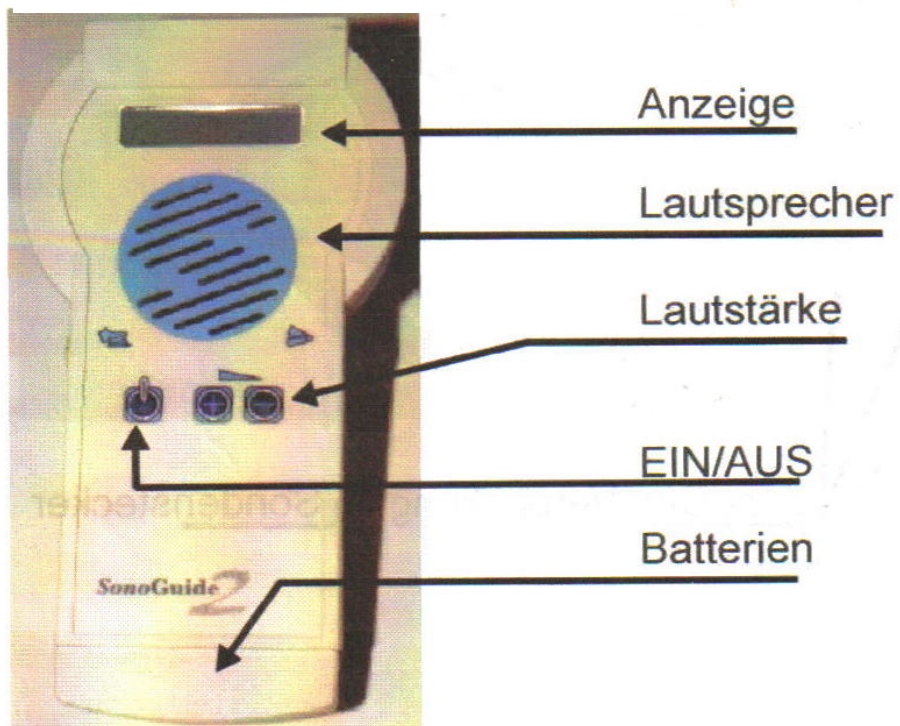
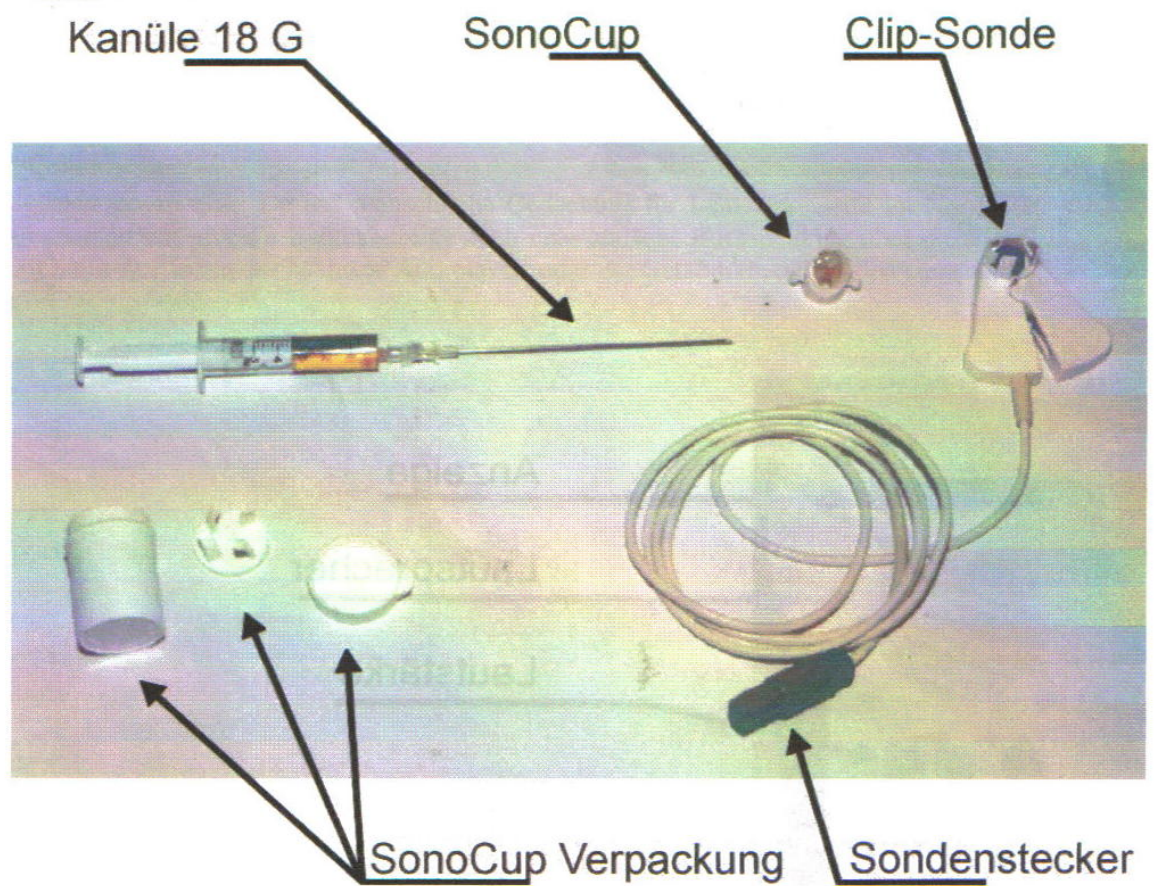


Abbildung 13 Benötigte Materialien zur Punktion



3.6 Statistische Auswertung

Die statistische Analyse erfolgte mittels SPSS. Die Merkmale der Gruppen wurden als Mittelwert \pm Standardabweichung erfasst. Zum Vergleich beider Methoden hinsichtlich des Punktionserfolges beim ersten Versuch benutzten wir den Exact-Test nach Fisher. Damit wollten wir einschätzen, ob entweder der BMI oder das jeweilige Ultraschallverfahren Einfluss auf die Trefferquote haben. Die Auswirkung unerwünschter Einflüsse untersuchten wir mittels der Widerspruchsanalyse oder des Mantel-Haenszel-Test's.

4 Auswertung und Ergebnisse

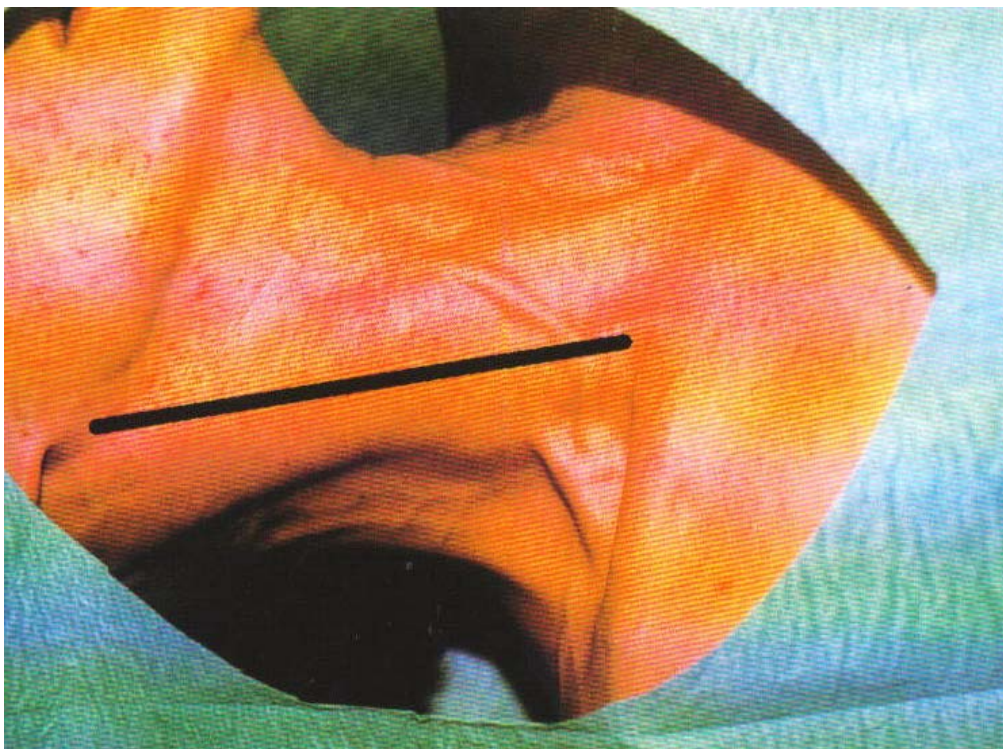
4.1 Zentralvenöse Katheterisierung der V. jugularis interna nach anatomischen Orientierungspunkten (Abbildungen 15 A – F)

Die zentralvenöse Kanülierung wurde in Europa besonders durch Heitmann aufgegriffen und auf eine breite Anwendbarkeit geprüft (Heitmann 1981). Er stellte für die Punktion des Gefäßes drei Forderungen auf:

- möglichst großer Abstand zur Pleura,
- möglichst großer Abstand zu den Arterien und
- möglichst achsengleicher Verlauf von Punktionsnadel und Vene !

Auf Grund dieser Forderungen ergab sich eine Punktionstechnik für die V. jugularis interna, die durch einen weit kranial und transmuskulär liegenden Zugang gekennzeichnet ist (Denys et al. 1993). Wegen des absolut geraden Gefäßverlaufes sollte der rechten Seite stets der Vorzug gegeben werden (Gilbert et al. 1995).

Abbildung 14 Anatomischer Verlauf der V. jugularis interna



Außerdem haben Lobato und Mitarbeiter in einer Studie festgestellt, dass in 2/3 aller Fälle die rechte V. jugularis interna gegenüber der linken einen größeren Durchmesser aufweist (Lobato et al. 1999). Der Patient muss, den Kopf fast gerade und kaum zur Gegenseite der beabsichtigten Einstichstelle geneigt, mit am Körper angelegten Armen, flach auf dem Rücken liegen. Die Schultern sollen locker und entspannt herunterhängen. Der Bereich zwischen Mastoid und Jugulum wird desinfiziert und nach entsprechender Einwirkzeit (mindestens zwei Minuten) steril abgedeckt. Wegen der besseren Venenfüllung und der Vermeidung einer Luftembolie sollte grundsätzlich die Trendelenburg-Position eingenommen werden, d.h. 25° - 30° Kopftieflage (Brass et al. 2001). Dadurch vergrößert sich der Gefäßquerschnitt (Mallory et al. 1990). Bei extrem hypovolämen Patienten sollte ggf. der Neigungswinkel noch erhöht und/oder der Kreislauf gleichzeitig über eine periphere Vene mit Infusionen aufgefüllt werden. Durch eine diskrete Kopfneigung zur Gegenseite werden die Vene fixiert und die Muskelgrenzen dargestellt.

Abbildung 15 (A) Lokalanästhesie



Insbesondere bei Patienten mit kurzem Hals oder Kindern hat sich ein Schulterpolster zur Anlage bewährt. Orientierend tastet man mit mehreren Fingern die A. carotis. Zunächst setzt man eine Lokalanästhesie mit einer Nadel von meist 20 G. Dabei ist es günstig einen

Probestich in die Richtung zu machen, in der man die Vene vermutet, um ihre Lage und Verlaufsrichtung zu erkunden (Denys et al. 1993, Mangar et al. 1993, Brass et al. 2001). Zusätzlich lässt sich dadurch die Distanz bis zur Vene feststellen und bei versehentlicher Punktion der Arterie ist das Trauma nicht so groß (Polderman und Girbes 2002). Dort wo die V. jugularis externa posterior den Muskulus sternocleidomastioideus kreuzt, wird punktiert und die Kanüle in einem Winkel von 30° zur Hautoberfläche transmuskulär auf den medialen Rand des claviculären Muskelansatzes

vorgeschoben. Die eigentliche Punktion muss grundsätzlich mit einer mit steriler Kochsalzlösung gefüllten 5er oder 10er Spritze, je nach Handhabung, vorgenommen werden. Dieses Vorgehen im geschlossenen System verhindert eine Luftembolie. Unter ständiger und geringer Aspiration wird die Nadel (19 G) vorgeschoben, und die V. jugularis interna meist in einer Tiefe von 3 cm - 5 cm erreicht.

Abbildung 15 (B) Venenpunktion



Beim Eindringen in die Vene fließt dunkles Blut ruckartig in die Spritze hinein. Interessant in diesem Zusammenhang ist eine Studie, die zeigt, dass die Vene nicht unbedingt beim Vorschieben der Nadel getroffen wird, sondern dass eine erfolgreiche Blut-aspiration in

genauso vielen Fällen gelingt, wenn man die Nadel entgegen der eigentlichen Punktionsrichtung zurückzieht (Troianos et al. 1991, Mangar et al. 1993). Deshalb empfiehlt es sich, die Kanüle sehr langsam zu bewegen (Mangar et al. 1993). Troianos und seine Mitarbeiter beschreiben in ihrer Studie, ebenso wie Denys und Mallory, dass die Jugularvene ihr Lumen schon durch minimalen externen Druck, z. T. nur durch das Vorschieben der Punktionsnadel verschließen kann (Mallory et al. 1990, Troianos et al. 1991, Denys et al. 1993). In dem kritischen Augenblick, in dem die Spritze von der Punktionsnadel abgenommen wird, d.h. in dem Moment, wo das geschlossene System zum offenen wird und die Möglichkeit einer Luftembolie gegeben ist, wird der Patient aufgefordert, die Luft anzuhalten und bei Bestehen einer manifesten Hypovolämie zusätzlich zu pressen (VALSALVA- Manöver). Das Volumen der Vene nimmt durch Atemanhalten und in der endexpiratorischen Phase den größten Umfang an, so dass man sich dieses Umstandes zur leichteren Punktion bedienen kann (Denys et al. 1993). Bei Patienten, die große Blut- und Flüssigkeitsverluste erlitten haben und bei einem negativen ZVD von 5 mm Wassersäule, können durch eine

Punktionskanüle mit einem inneren Durchmesser von 1,8 mm 100 ml Luft in einer Sekunde eindringen (Orebaugh 1992).

Abbildung 15 (C) Einführen des Seldinger-Drahtes



Nach gelungener Punktion wird die Öffnung der Punktionskanüle verschlossen und nach Verwendung des Dilatators, der Venenkatheter rasch gegen den bereits eingeführten Draht ausgetauscht, rechts etwa 15 cm - 20 cm und links 20 cm - 25 cm vorgeschoben.

Abbildung 15 (D)
Einführen des Dilatators



Abbildung 15(E)
Einführen des Katheters

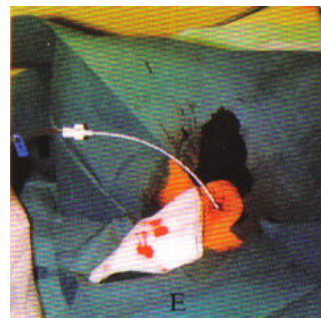
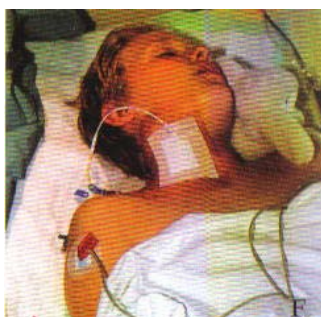


Abbildung 15 (F)
Verband



Um sich zu vergewissern, dass der Katheter mit seiner Spitze intravasal liegt, soll man durch eine angesetzte Spritze venöses Blut frei und leicht aspirieren können, ein Umstand, der allerdings nicht 100%ig für eine sichere intravasale Lage spricht (z.B. Hämatothorax).

Der Katheter wird in seiner gewünschten Länge durch eine Annaht fixiert und die Einstichstelle steril verbunden. Eine Thorax-übersichtsaufnahme zeigt und dokumentiert den genauen Sitz der Katheterspitze. Im anterior/posterioren Strahlengang soll sich die Katheterspitze im

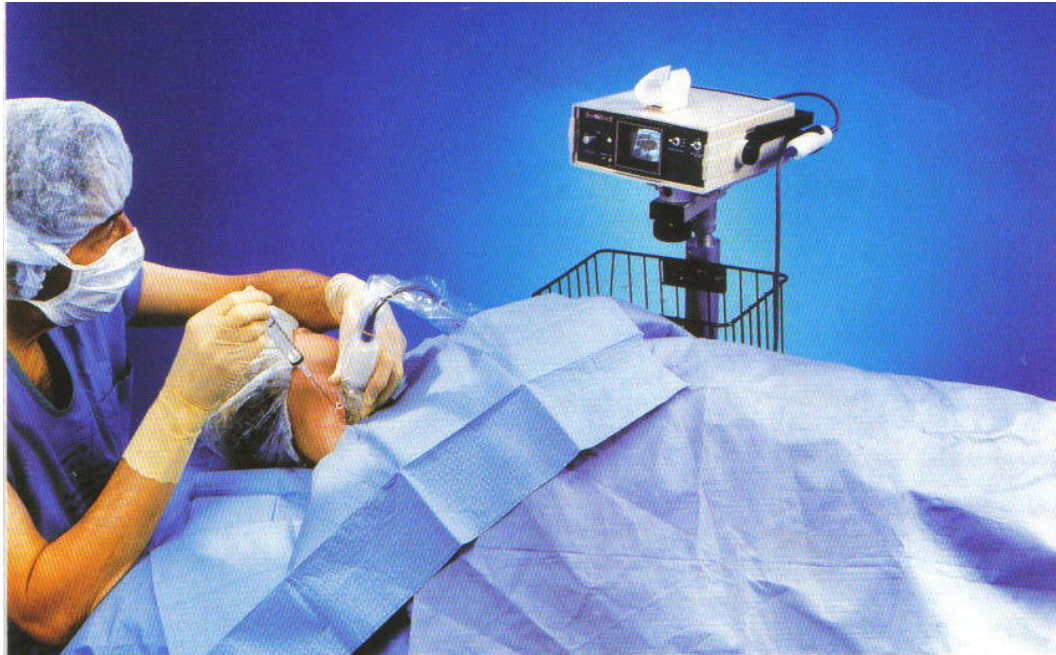
Röntgenbild in Höhe der Carina projizieren und beim posterior/anterioren Strahlengang gilt der optimale Kathetersitz nicht tiefer als 2 cm unterhalb der Verbindungslinie zwischen den tiefsten Punkten der Clavicula (Fletcher und Bodenham 2000). Außerdem dient die Röntgenaufnahme zur Dokumentation und Diagnose eines Pneumothorax bzw. eines Hydro- oder Hämatothorax.

4.2 Punktion mittels bildgebendem Ultraschall

Nach entsprechender Lagerung des Patienten wird die mit Sonographiegel versehene Schallsonde in eine sterile Sondenhülle eingebracht. Zunächst erfolgt die optische Darstellung der Halsgefäße auf der zu punktierenden Seite. Nach Identifizierung der A. carotis, die sich wie alle arteriellen Gefäße durch runden Querschnitt und Pulsation auszeichnet und sich auch dadurch von den Venen unterscheidet, dass sie sich nicht komprimieren lässt, stellt man sich nun die V. jugularis interna dar. Ihr Querschnitt ist unregelmäßiger, ihre Größe schwankt in Abhängigkeit vom Atemzyklus und durch leichten Druck lässt sie sich mit dem Schallkopf komprimieren (Fletcher und Bodenham 2000). Nach eindeutiger Unterscheidung der V. jugularis interna von der A. carotis, kann man von kranial unter dem Schallkopf hindurch die Vene kanülieren und den Punktionsvorgang auf dem Bildschirm verfolgen. Nach erfolgreicher Punktion wird der Katheter eingelegt und der Patient postoperativ geröntgt.

In seltenen Fällen fehlte bei unseren Probanden die V. jugularis interna, zeigte ein schlechtes optisches Signal oder war thrombosiert. Konnten die für die Venen typischen Merkmale wie Atemvariabilität, Komprimierbarkeit, Kontrast zwischen Venenlumen und Venenwand oder die Effekte durch Lagewechsel und Valsalva-Manöver nicht festgestellt werden, lag der Verdacht auf intraluminale Thromben nahe (Longley et al. 1993). Bei den Probanden mit diesen anatomischen Fehlvarianten nutzten wir die andere Seite zur ZVK-Anlage.

Abbildung 16 Nachgestellte sterile Punktion der V. jugularis interna unter Ultraschallführung (Site Rite II[®])



Venöse Gefäße nehmen bei spontan atmenden Patienten durch Atemanhalten volumenmäßig zu und haben in der endexpiratorischen Phase den größten Umfang, so dass man sich dieses Umstandes zur leichteren Punktion bedienen kann. In einer Studie hat man eine Volumenzunahme der Vene um 21 % (5 % - 43,5 %) durch das Valsalva-Manöver gefunden (Longley et al. 1993, Armstrong et al. 1994). In einer anderen Untersuchung hat man festgestellt, dass sich auch durch die Trendelenburg-Lagerung des Patienten das Gefäßlumen der V. jugularis interna von 1,18 cm² auf 1,62 cm² erhöht. Dagegen verkleinert sich der venöse Gefäßdurchschnitt bei Palpation der Arterie (von 1,48 cm² auf 0,82 cm²) und beim Vorschieben der Nadel (von 1,57 cm² auf 0,75 cm²) und mindert dadurch eventuell den Punktionserfolg. Beides publizierten die Mitarbeiter um Mallory (Mallory et al. 1990) in ihrer Studie 1990.

Abbildung 17 Illustrierte Nachbildung der Gefäßpunktion mit Hilfe des Ultraschalls

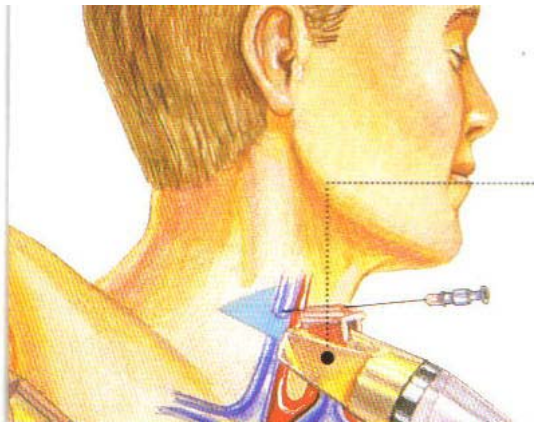
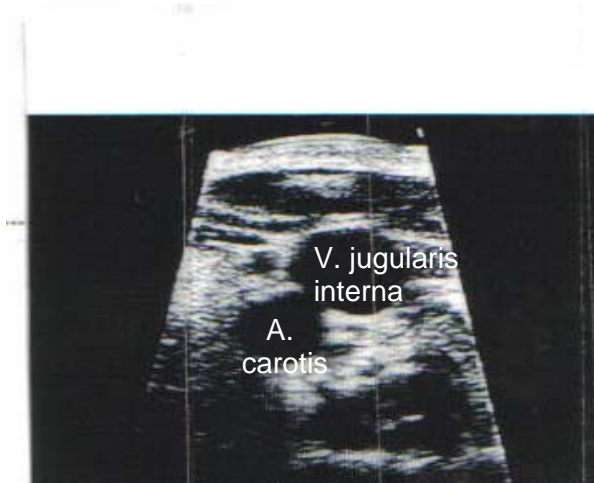


Abbildung 18 Entsprechendes Ultraschallbild der rechten Halsseite mit Darstellung der A. carotis und der V. jugularis interna in ca. 4 cm Bildtiefe



Gewebs- und Parenchymstrukturen, hier speziell V. jugularis interna und A. carotis lassen sich durch das Site Rite II[®] vor einer geplanten Punktion darstellen. Diese Sichtkontrolle erlaubt Aussagen über das Zielgefäß hinsichtlich Größe oder Thrombose und macht die Punktion durch das Verfolgen der Nadel bis in das Gefäß komplikationsärmer.

4.3 Punktion mittels Ultraschalldoppler

Bei Nutzung des dopplergestützten Ultraschallverfahrens zur Punktion wird zunächst versucht, mit der Schallsonde an Hand der Strömungsgeräusche den Verlauf der V. jugularis interna als auch der A. carotis zu verifizieren (Gilbert et al. 1995).

Der hochfrequente arterielle Puls ist charakterisiert durch ein monophasisches Signal, das schnell die Frequenz wechselt aber ohne signifikante respiratorische Variation ist. Das niederfrequente venöse Brummen ist gekennzeichnet durch ein biphasisches Signal, das wesentlich langsamer die Frequenz wechselt und häufig eine signifikante respiratorische Variation aufweist (Gilbert et al. 1995). Wenn Blut aspiriert wird, ändert sich das typische Dopplersignal. Das eher hauchende Strömungsgeräusch der Vene sollte durch Drehung des Schallkopfes maximal laut zu hören sein. War das der Fall und konnte das Signal atemsynchron moduliert werden, wurde durch den Sonocup hindurch punktiert und die Nadelspitze in das Gefäß dirigiert.

Abbildung 19 Clipsonde mit Sonocup bei der Punktion

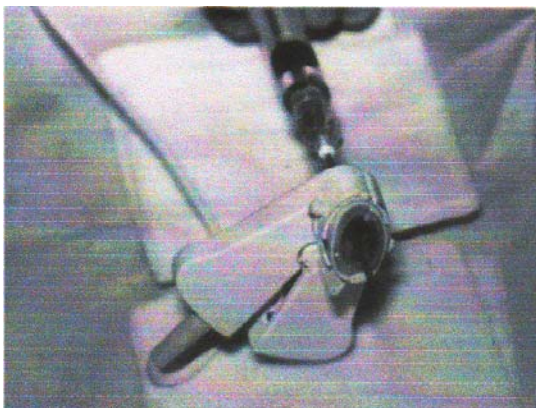


Abbildung 20 Punktion durch die aufgesetzte Clipsonde



Auch bei diesem Verfahren gab es in unserer Untersuchungsreihe einige wenige Patienten, die keinerlei Dopplersignal aufwiesen, so dass auf die andere Seite ausgewichen werden musste. Nach erfolgter Punktion wurde zur Lagekontrolle des ZVK eine Thoraxröntgenaufnahme angefertigt.

4.4 Ergebnisse

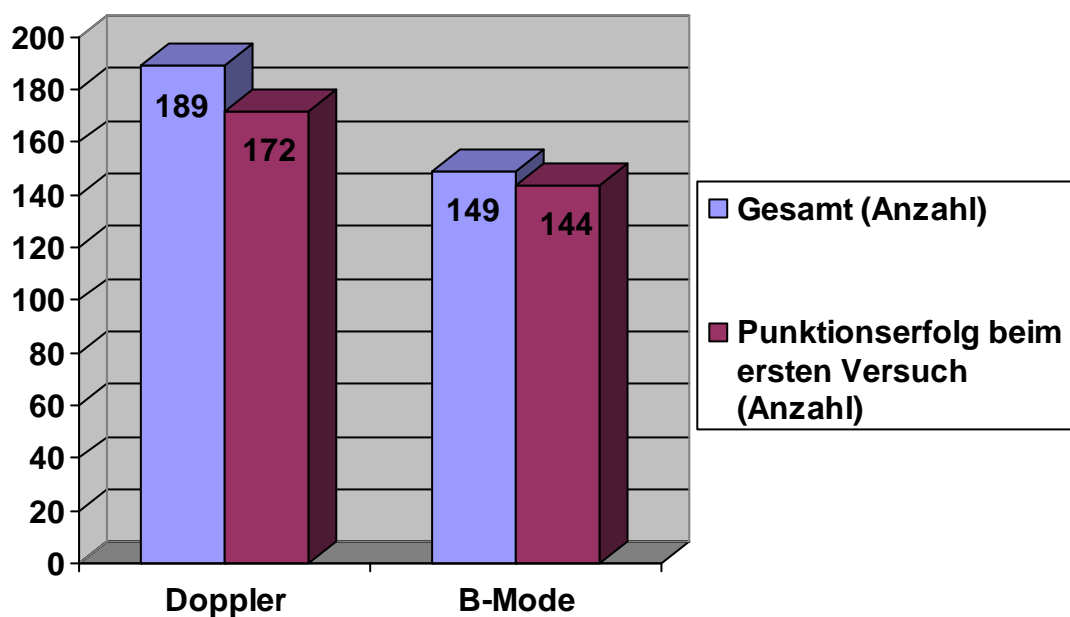
Von insgesamt 340 in die Studie aufgenommenen Patienten, gingen 338 in unsere Untersuchung ein. In der Dopplergruppe wurden 189 und in der B-Bildgruppe 149 Patienten untersucht. Alle Punktionen waren wenigstens beim 3. Versuch erfolgreich.

4.4.1 Punktionserfolg beim ersten Versuch

Tabelle 9 Punktionserfolg beim ersten Versuch

	Doppler	B-Mode
Gesamtzahl der Punktionen	189	149
Punktionserfolg beim ersten Versuch (Anzahl)	172	144
Punktionserfolg beim ersten Versuch (%)	91	96,6

Die Trefferquote lag für den ersten Punktionsversuch beim dopplergestützten Verfahren mit 91,0 % (172/189) niedriger als in der bildgebenden Ultraschallgruppe mit 96,6 % (144/149). Dieser Unterschied war signifikant ($p = 0,045$).



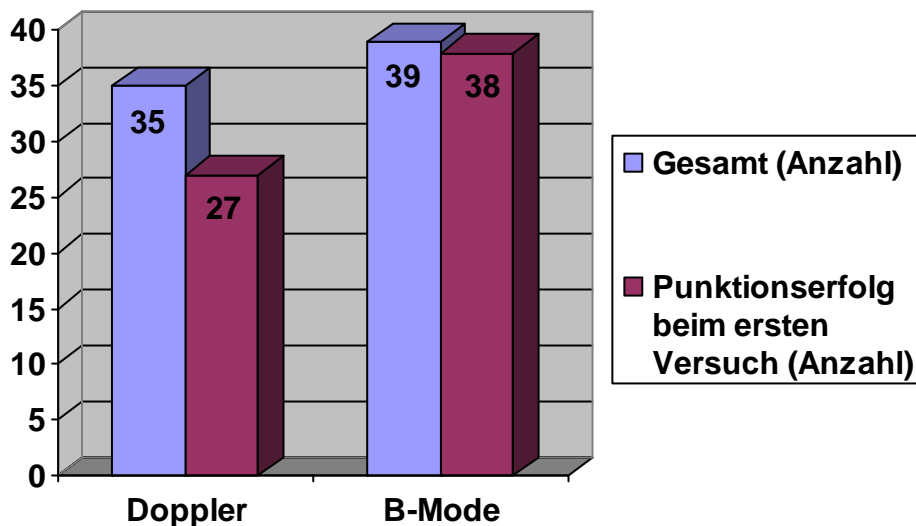
Ein statistisch relevanter Einfluss des Body-Maß-Index ($p = 0,006$) ergab sich im ersten Versuch beim B-Bildverfahren. Deshalb wurden die Patienten in zwei Gruppen unterteilt, nämlich BMI $>/< 30$.

4.4.2 Punktionserfolg beim ersten Versuch in der Patientengruppe mit einem BMI > 30

Tabelle 10 Punktionserfolg beim ersten Versuch bei Patienten mit einem BMI > 30

Patienten mit BMI > 30	Doppler	B-Mode
BMI	34,4	34
Gesamtzahl der Punktionen	35	39
Gesamtzahl der Punktionen (%)	18,5	26,2
Punktionserfolg beim ersten Versuch (Anzahl)	27	38
Punktionserfolg beim ersten Versuch (%)	77,1	97,4

Bei allen Patienten mit Body-Maß-Index größer 30 lag die Dopplergruppe hinsichtlich des Punktionserfolges beim ersten Versuch prozentual bei 77,1 % (27/35) gegenüber der bildgebenden ultraschallgestützten Punktionstechnik mit 97,4 % (38/39, $p = 0,011$), d.h. die statistische Bewertung der Gesamtheit der untersuchten Patienten mit einem BMI > 30 zeigte eine Signifikanz zugunsten der bildgebenden Ultraschalltechnik.

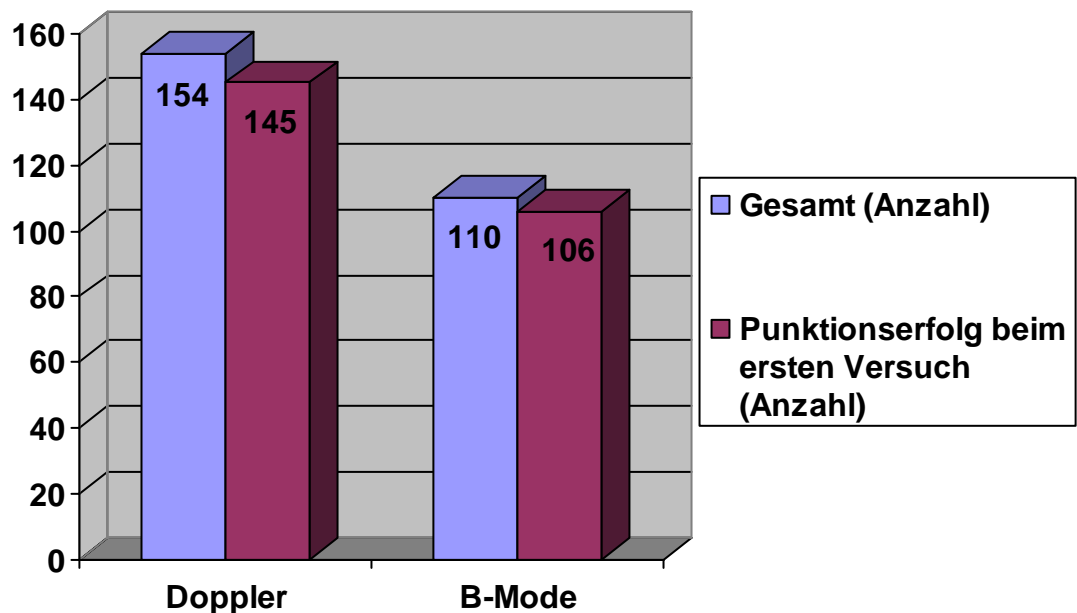


4.4.3 Punktionserfolg beim ersten Versuch in der Patientengruppe mit einem BMI < 30

Bei Patienten mit einem BMI < 30 gab es keinen Unterschied in der Trefferquote bei beiden Verfahren: Dopplergruppe 94,2 % (145/154), B-Bildgruppe 96,4 % (106/110), $p = 0,567$

Tabelle 11 Punktionserfolg beim ersten Versuch bei Patienten mit einem BMI < 30

Patienten mit BMI < 30	Doppler	B-Mode
BMI	24,3	25,6
Gesamtzahl der Punktionen	154	110
Gesamtzahl der Punktionen (%)	81,5	73,8
Punktionserfolg beim ersten Versuch (Anzahl)	145	106
Punktionserfolg beim ersten Versuch (%)	94,2	96,4



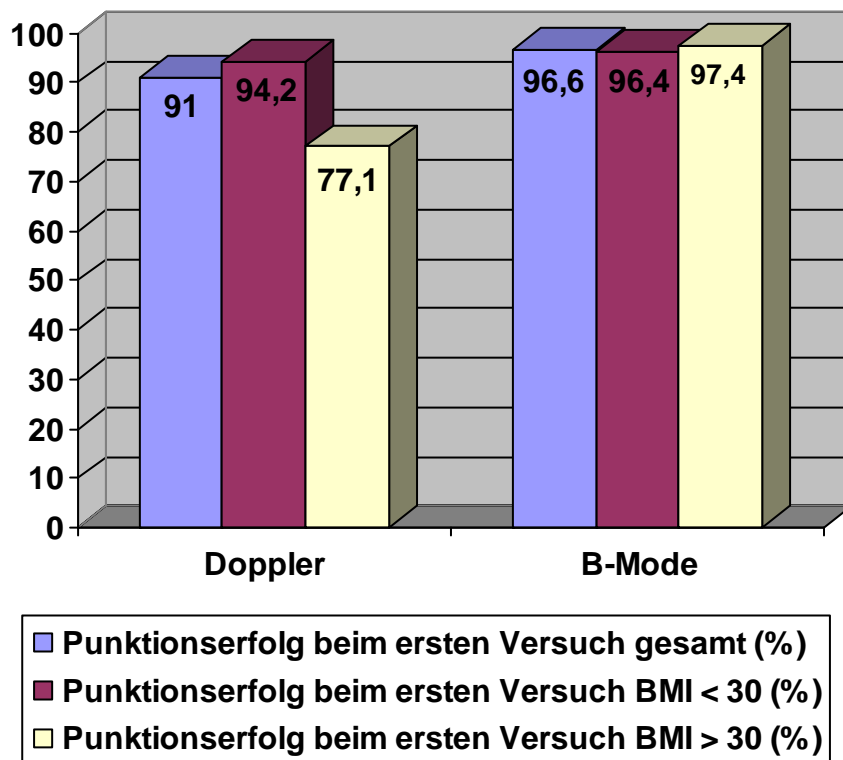
4.4.4 Vergleich zwischen bildgebendem- und dopplersonographischem Ultraschall hinsichtlich des Punktionserfolges beim ersten Versuch

In unserer Studie zeigte sich, dass durch bildgebenden Ultraschall maximal zwei Kanülierungsversuche notwendig waren, während für die dopplergestützte erfolgreiche Punktion gelegentlich drei Punktionen vorkamen. Betrachtet man die Patientengruppe mit einem BMI > 30, zeigte sich bei der ZVK-Anlage die eindeutig bessere Trefferquote mit Hilfe des bildgebenden Ultraschalls.

Komplikationen traten in Form von arteriellen Punktionen auf: dreimal beim Doppler (1,6 %) und zweimal beim B-Bild (1,3 %) davon je einmal in beiden Gruppen beim BMI > 30. Andere Komplikationen kamen nicht vor.

Tabelle 12 Vergleich zwischen bildgebendem US und Doppler hinsichtlich des Punktionserfolges beim ersten Versuch

ANZAHL		PUNKTIONSERFOLG BEIM ERSTEN VERSUCH		ERGEBNISSE		
	Gesamt (Doppler/ B-Mode)	Doppler	B-Mode	odds ratio	95 % Konfidenz- interval I	p- Wert
PAT.- ZAHL	338 (189/149)	172 (91,0 %)	144 (96,6 %)	2,85	1,03 - 7,91	0,045
BMI < 30	264 (154/110)	145 (94,2 %)	106 (96,4 %)	1,4	0,50 - 5,48	0,567
BMI > 30	74 (35/39)	27 (77,1 %)	38 (97,4 %)	11,3	1,33 - 95,37	0,011



Zusammenfassend für den ersten Teil der statistischen Auswertung lässt sich ableiten, dass die Punktion der V. jugularis interna durch die Nutzung eines der Ultraschallverfahren sicherer ist und die Trefferquote optimiert werden kann. Gegenüber dem Doppler-Verfahren bietet der bildgebende Ultraschall signifikante Vorteile hinsichtlich der Trefferquote bei einem BMI > 30.

5 Umfrage zur Anwendung von Ultraschall bei der Anlage von zentralen Venenkathetern in Deutschland

5.1 Einleitung

Ultraschall wird in der modernen Medizin in vielen Bereichen eingesetzt, jedoch im Fachgebiet Anästhesiologie bisher nur wenig angewandt. Während Ultraschallverfahren von einigen Anästhesiologen und Intensivmedizinern regelmäßig zur Gefäßpunktion bzw. ZVK-Anlage benutzt werden, verzichten andere ganz darauf. Einige Anwender erheben Ultraschall sogar zum Standard.

Um den Stellenwert von Ultraschall bei der Anlage zentraler Venenkatheter zu eruieren, wurde ein Fragebogen zu dieser Thematik (Anhang) an 817 leitende Ärzte anästhesiologischer Abteilungen in Deutschland verschickt. Die Liste der angeschriebenen Krankenhäuser wurde uns vom „Berufsverband Deutscher Anästhesisten“ zur Verfügung gestellt, sie erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Entsprechend dieser Angaben erfolgte die Befragung an stationären Einrichtungen mit mehr als 200 Betten.

Die Rücklaufquote betrug 54,3 %, d.h. 444 Fragebögen konnten ausgewertet werden. Aus Auswertungsgründen unterteilten wir die Krankenhäuser in zwei Gruppen: 208 (46,8 %) der Einrichtungen sind Lehrkrankenhäuser und 236 (53,2 %) Nicht-Lehrkrankenhäuser.

5.2 Fragebogen

Abbildung 21 Unser Fragebogen zur Anwendung von Ultraschall bei ZVK-Anlage

□□□□□□

UMFRAGE ZUR ANWENDUNG VON ULTRASCHALL BEI DER ANLAGE ZENTRALER VENENKATHETER (ZVK)

Bitte die entsprechenden Antworten ankreuzen.
Manchmal
können auch mehrere Antworten notwendig werden.

1. GIBT ES IN IHRER ABTEILUNG EIN TRANSPORTABLES
ULTRASCHALLGERÄT
 - ☐ Ja, auf der Intensivstation ist dauerhaft ein Gerät verfügbar
 - ☐ Ja, wird mit der Anästhesieabteilung zusammen genutzt
 - ☐ Ja, wird mit einer anderen Abteilung zusammen genutzt
 - ☐ Nein
 2. FALLS JA, GEBEN SIE BITTE DEN TYP DES GERÄTES AN
 - ☐ Site-Rite
 - ☐ Anderes Gerät (bitte angeben welches).....
 3. BENUTZEN SIE MANCHMAL EIN TRANSPORTABLES ULTRASCHALLGERÄT
FÜR EINE
DER FOLGENDEN TÄTIGKEITEN?
 - ☐ ZVK-Anlagen
 - ☐ Lokalisation von
Pleuraergüssen
 - ☐ Arterielle Kanülierungen
 - ☐ Regionalanästhesie
 - ☐ Perkutane Tracheotomien
- Wenn Sie für ZVK-Anlagen Ultraschall nicht anwenden, können Sie die Fragen 4. bis 9.
überspringen und die
Fragen ab 10. wieder beantworten.
4. WIE HOCH IST DER PROZENTSATZ DER ZVK-ANLAGEN, BEI DENEN SIE
ULTRASCHALL EINSETZEN?
.....%
 5. VERWENDEN SIE TRANSPORTABLE ULTRASCHALLGERÄTE?
 - ☐ Routinemäßig bei allen Punktionen
 - ☐ Wenn die Punktion als schwierig eingeschätzt wird
 - ☐ Nach gescheiterter an Landmarken orientierter Punktion. Nach
.....Fehlversuchen
 - ☐ Für Unterrichtszwecke
 6. SETZEN SIE BEI ERWARTETER SCHWIERIGER ZVK-ANLAGE?

- ein
- ☐ Ultraschall erst nach einem gescheiterten an Landmarken orientierten Versuch
- ☐ Ultraschall von vorneherein ein
7. NACH WIE VIELEN FEHLVERSUCHEN SETZEN SIE ULTRASCHALL EIN?
NachFehlversuchen
8. WIE SETZEN SIE ULTRASCHALL FÜR DIE ZVK-ANLAGE EIN?
- ☐ Um die Anatomie zu beurteilen und die Punktionsstelle vor blinder Punktion zu kennzeichnen.
- ☐ Dauerhafte Ultraschallführung unter der Punktion.
- 9A. LERNEN SIE ANÄSTHESISTEN IN WEITERBILDUNG IM GEBRAUCH DES ULTRASCHALLGERÄTE AN?
- ☐ Ja ☐ Nein
- 9B. WENN JA, BESTEHT DAS ANLERNEN
- ☐ In einem organisierten, formalen Trainingsprogramm ☐ Auf einer ad hoc Basis
10. ÜBERLEGEN SIE EIN ULTRASCHALLGERÄT EINZUSETZEN?
- ☐ Ja ☐ Nein
11. ÜBERPRÜFEN/HINTERFRAGEN SIE KOMPLIKATIONEN BEI DER ANLAGE ZENTRALVENÖSER KATHETER
- ☐ Ja ☐ Nein
12. HABEN SIE JEMALS NEUROLOGISCHE KOMPLIKATIONEN NACH ZVK-ANLAGEN BEOBACHTET?
- ☐ Ja ☐ Nein
- Welche?
-
-
13. BEFÜRCHTEN SIE DURCH DEN REGELMÄßIGEN ULTRASCHALLEINSTATZ MANUELLE FÄHIGKEITEN ZU VERLIEREN?
- ☐ Ja ☐ Nein
14. SOLLTE EIN ULTRASCHALLGERÄT ÜBERALL DORT VERFÜGBAR SEIN, WO ZVK ANGELEGT WERDEN?
- ☐ Ja ☐ Nein
15. FALLS SIE ULTRASCHALL ZUR ZVK-ANLAGE NICHT NUTZEN, TEILEN SIE BITTE MIT WARUM
- ☐ Gerät nicht verfügbar ☐ Kein Bedarf
- ☐ Aus anderen Gründen (bitte angeben)
16. WIE BESCHREIBEN SIE IHR KRANKENHAUS?
- ☐ Lehrkrankenhaus ☐ Schwerpunktlinik
- ☐ Anders (bitte angeben)
17. WIEVIELE BETTEN HAT IHR KRANKENHAUS?

☐ < 250 ☐ 250 – 400 ☐ 401 - 700 ☐
> 700

18. WELCHE ART VON INTENSIVSTATION (ITS) BETREIBEN SIE?
☐ Operative ITS ☐ Interdisziplinäre
(operativ/nicht-operativ) ITS
☐ Neurochirurgische/traumatologische ITS ☐ Kardiochirurgische ITS
☐ Andere ITS (bitte angeben)

19. WIEVIELE INTENSIVBETTEN BESITZT IHRE ABTEILUNG?
☐ < 6 ☐ 6 – 8 ☐ 9 - 12 ☐ 13 – 18 ☐
> 18

Hier finden Sie Platz für Anmerkungen. Sollte dieser nicht ausreichen, fügen Sie bitte ein weiteres Blatt bei.

Bitte senden Sie den ausgefüllten Fragebogen zurück an:

Dr. Wolfram Schummer
Klinik für Anästhesiologie und Intensivtherapie
Friedrich-Schiller-Universität Jena
Bachstraße 18
07743 Jena

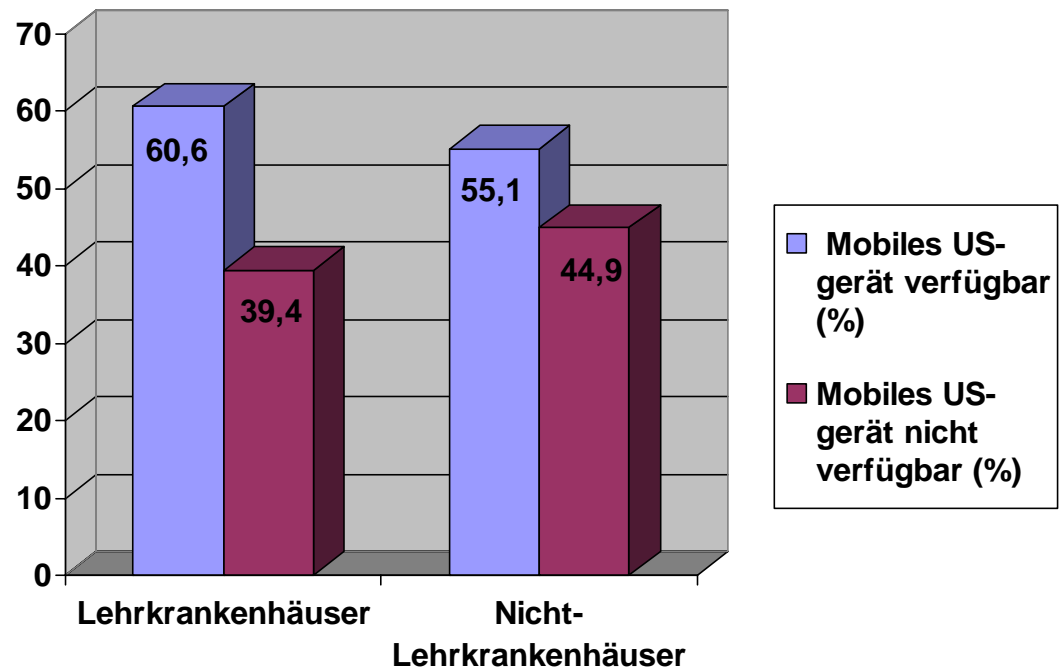
5.3 Ergebnisse

5.3.1 Verfügbarkeit eines mobilen Ultraschallgerätes in Lehrkrankenhäusern und Nicht-Lehrkrankenhäusern

Von angeschriebenen 444 verfügen nur 256 Abteilungen (57,7 %) über ein transportables Ultraschallgerät.

Tabelle 13 Verfügbarkeit eines mobilen Ultraschallgerätes in Lehrkrankenhäusern und Nicht-Lehrkrankenhäusern (Prozentanteil in Klammern)

MOBILES ULTRASCHALLGERÄT	LEHRKRANKENHÄUSER (n = 208; 46,8 %)	NICHT- LEHRKRANKENHÄUSER (n = 236; 53,2 %)
Verfügbar (%)	126 (60,6 %)	130 (55,1 %)
Nicht verfügbar	82 (39,4 %)	106 (44,9 %)

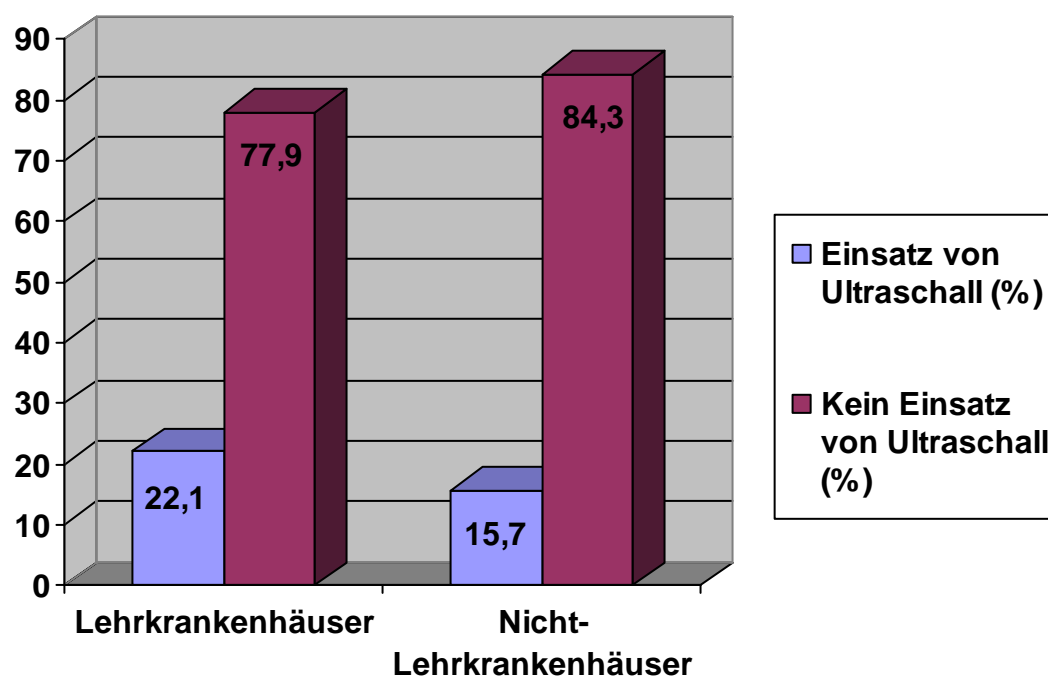


5.3.2 Einsatz eines transportablen Ultraschallgerätes in Lehrkrankenhäusern und Nicht-Lehrkrankenhäusern

Zur Anlage zentraler Venenkatheter wird Ultraschall von 83 (18,7 %) der 444 Anästhesieabteilungen eingesetzt. Davon gehören 46 (22,1 %) zur Gruppe der Lehrkrankenhäuser und 37 (15,1 %) zur Gruppe der Nicht-Lehrkrankenhäuser.

Tabelle 14 Einsatz eines transportablen Ultraschallgerätes in Lehrkrankenhäusern und Nicht-Lehrkrankenhäusern (Prozentanteil in Klammern)

EINSATZ VON ULTRASCHALL	LEHRKRANKENHÄUSER (n = 208)	NICHT- LEHRKRANKENHÄUSER (n = 236)
Ja (%)	46 (22,1 %)	37 (15,7 %)
Nein (%)	162 (77,9)	199 (84,3 %)

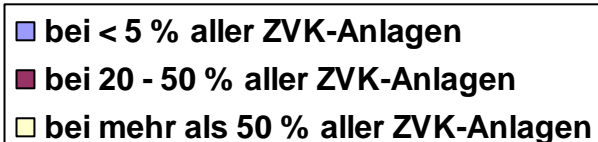
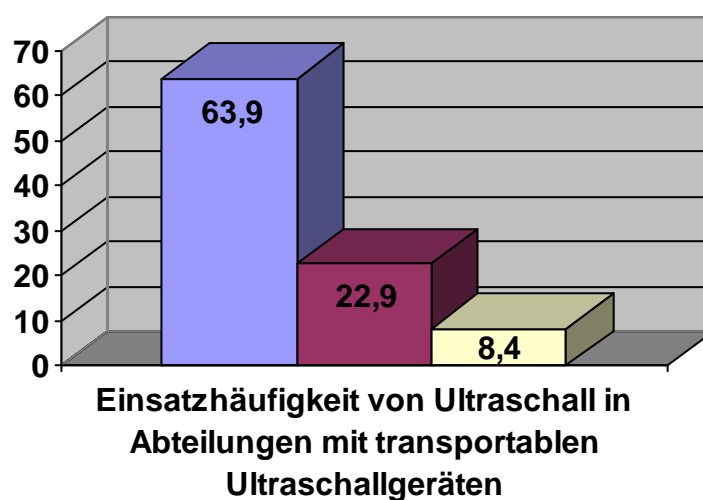


5.3.3 Häufigkeit des Einsatzes eines transportablen Ultraschallgerätes in den 83 Abteilungen, die Ultraschall zur ZVK-Anlage einsetzen

Nur in 7 Kliniken wird bei mehr als 50 % der ZVK-Anlagen Ultraschall eingesetzt. Die große Mehrheit verwendet Ultraschall nur bei wenigen Punktionen.

Tabelle 15 Häufigkeit des Einsatzes eines transportablen Ultraschallgerätes in den 83 Abteilungen, die Ultraschall zur ZVK-Anlage einsetzen (Prozentanteil in Klammern)

EINSATZ VON ULTRASCHALL	n = 83
bei < 5 % aller ZVK-Anlagen	53 (63,9 %)
bei 20 – 50 % aller ZVK-Anlagen	19 (22,9 %)
bei mehr als 50 % aller ZVK-Anlagen	7 (8,4 %)



Wird eine Punktion als schwierig eingeschätzt, setzen 43 von 83 Abteilungen (51,8 %) Ultraschall zur ZVK-Anlage ein. Des weiteren verwenden 53 (63,9 %) der Befragten Ultraschall erst nach gescheiterten blinden bzw. an anatomischen Landmarken orientierten Punktionsversuchen. Ferner wird Ultraschall von 21 (25,3 %) Abteilungen zu Lehrzwecken genutzt.

Postuliert man eine schwierige ZVK-Anlage, würden 37 der 83 Anwender (44,6 %) primär Ultraschall anwenden; für 41 befragte Abteilungen (49,4 %) käme er erst nach gescheiterten Punktionsversuchen zum Einsatz. 5 Kliniken beantworteten diese Frage nicht.

5.3.4 Technik

Bei den Ultraschall-Anwendern finden sich bei der zentralvenösen Kanülierung dennoch unterschiedliche Vorgehensweisen:

- 30 der 83 Ultraschall-Anwender (36,1 %) punktieren unter dauerhafter Ultraschall-Führung
- 53 Kliniken (63,9 %) nutzten Ultraschall, um das Zielgefäß zu markieren, bevor sie blind punktieren
- 8 der befragten Abteilungen (9,6 %) gebrauchen beide Techniken
- 8 Kliniken beantworteten diese Frage nicht.

5.3.5 Training

Anästhesisten in Weiterbildung werden in 47 Abteilungen (56,6 %) in der Anwendung von Ultraschall bei der Anlage zentraler Venenkatheter angeleitet. In 45 (54,2 %) von 83 Kliniken wird dies aus dem Stehgreif durchgeführt. Ein formales, organisiertes Ausbildungsprogramm gibt es in 8 Abteilungen (9,6 %). 6 der befragten Kliniken (7,2 %) geben an, beide Ausbildungsstrategien zu verfolgen.

Keine Ausbildung hinsichtlich der Ultraschall-Anwendung gibt es in 33 Abteilungen (39,8 %).

Von drei Abteilungen erhielten wir zum Ausbildungsprogramm keine Angaben

5.3.6 Einsatz eines Ultraschallgerätes

Der Einsatz eines Ultraschallgerätes wird von 40,4 % (76/188) Abteilungen erwogen, die bisher keine Nutzungsmöglichkeit hatten.

5.3.7 Qualitätssicherung

Komplikationen bei der ZVK-Anlage werden in 415 der Abteilungen (93,5 %) evaluiert. 148 der 444 antwortenden Kliniken berichten über neurologische Komplikationen. Am häufigsten treten periphere Nervenschäden wie Plexusschäden, Horner-Syndrom und Paresen des Nervus recurrens auf. 17 Kliniken berichten über zentralvenöse Komplikationen thromboembolischer Natur, meist im Rahmen einer unbeabsichtigten Carotispunktion bei der Anlage zentraler Venenkatheter.

5.3.8 Ultraschall und praktische Fähigkeiten

364 (82 %) der antwortenden Kliniken rechnen nicht mit einer Beeinträchtigung der manuellen Fertigkeiten durch regelmäßigen Ultraschall-Einsatz. 60 (13,5 %) befürchten aber dennoch, dass diese verloren gehen könnten, während 20 Abteilungen (4,5 %) diese Frage nicht beantworteten.

Von den Ultraschall-Anwendern halten 18,1 % (15/83) den Verlust manueller Fertigkeiten bei zentralvenöser Punktion durch den Ultraschall-Einsatz für möglich.

5.3.9 Verfügbarkeit von Ultraschall

Die Frage, ob ein Ultraschallgerät in allen Situationen, in denen eine ZVK-Anlage ansteht, verfügbar sein sollte, bejahten 28,4 % (126/444), 68 % (302/444) hielten dieses für unnötig, 3,6 % (16/444) beantworteten diese

Frage nicht. Von den Ultraschall-Anwendern wurde diese in 55,4 % (46/83) mit ja und in 44,6 % (37/83) mit nein beantwortet. Von den Abteilungen ohne Zugriff auf ein Ultraschallgerät wurde diese Frage in 25 % (47/188) mit ja beantwortet, 66,5 % (125/188) halten es für unnötig, während 8,5 % der Abteilungen (16/188) die Antwort schuldig blieben.

5.3.10 Grund für den Nicht-Einsatz von Ultraschall

Von den Abteilungen, die Ultraschall nicht zur ZVK-Anlage einsetzen, wurde von 55,1 % (199/361) der Einsatz von Ultraschall für nicht notwendig erachtet und von 37,7 % (136/361) als Grund eine fehlende Ausstattung angegeben. 15,5 % (56/361) verfügen zwar über ein transportables Ultraschallgerät, setzen es aber auf Grund fehlender Ausbildung oder technischer Defekte nicht ein.

5.3.11 Andere Einsatzgebiete für Ultraschall

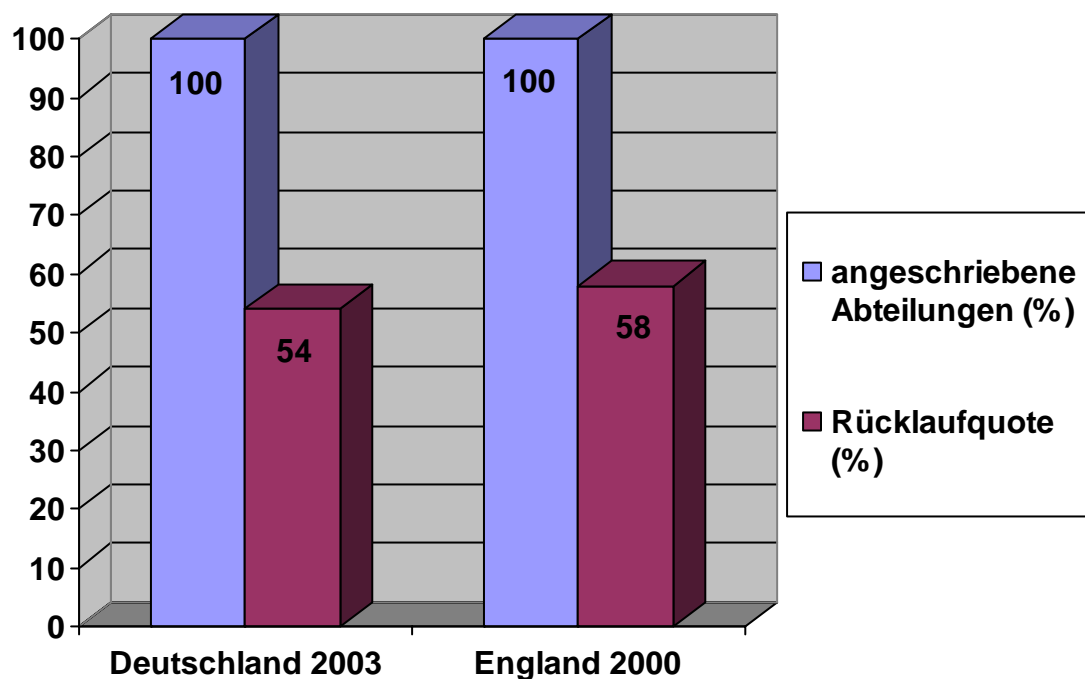
Von den angeschriebenen Kliniken setzen in 63,7 % (283/444) Ultraschall zur Lokalisation von Pleuraergüssen ein. Zur Anlage von Regionalanästhesien wird Ultraschall von 4,9 % (26/444) der antwortenden Kliniken genutzt. Bei der Anlage arterieller Katheter kommt Ultraschall in 4,3 % (19/444), bei perkutaner Tracheotomie in 3,6 % (16/444) zum Einsatz.

5.4 Vergleich Ultraschalleinsatz Deutschland/England

Im Jahre 2000 wurde in England eine vergleichbare Fragebogenaktion (Rücklaufquote 58 %) an Intensivstationen durchgeführt.

Tabelle 16 Vergleich zwischen England und Deutschland

	DEUTSCHLAND 2003	ENGLAND 2000
Angeschriebene Abteilungen	817 (Anästhesiologische Abteilungen mit Intensivstation)	288 (Intensivstationen)
Rücklaufquote (%)	444 (54,0 %)	167 (58,0 %)

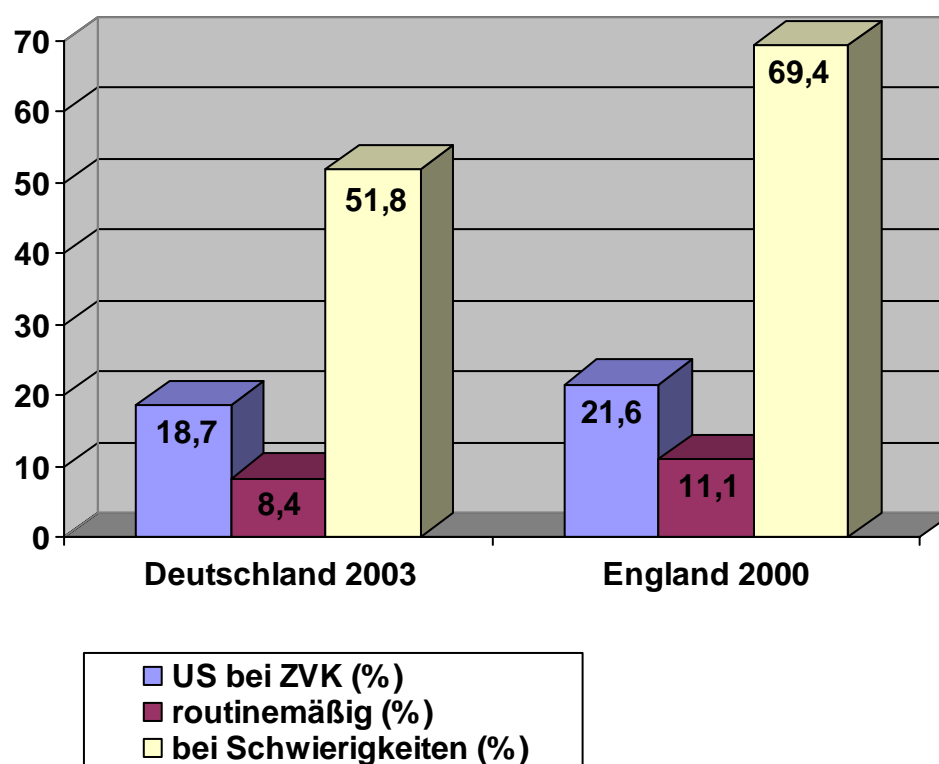


5.5 Ultraschallanwendung bei ZVK-Anlagen Deutschland/England

Diese Studie in England brachte zum Ausdruck, dass Ultraschall zur Unterstützung zentralvenöser Kanülierung ebenfalls eine geringe routinemäßige Anwendung findet.

Tabelle 17 Ultraschallanwendung bei ZVK-Anlagen in Deutschland 2003/England 2000

	DEUTSCHLAND 2003	ENGLAND 2000
Angeschriebene Abteilungen	817	288
US-Anwendungen bei ZVK-Anlagen (%)	83 (18,7 %)	36 (21,6 %)
Routinemäßiger Einsatz (%)	7 (8,4 %)	4 (11,1 %)
Bei schwieriger Punktion (%)	43 (51,8 %)	25 (69,4 %)

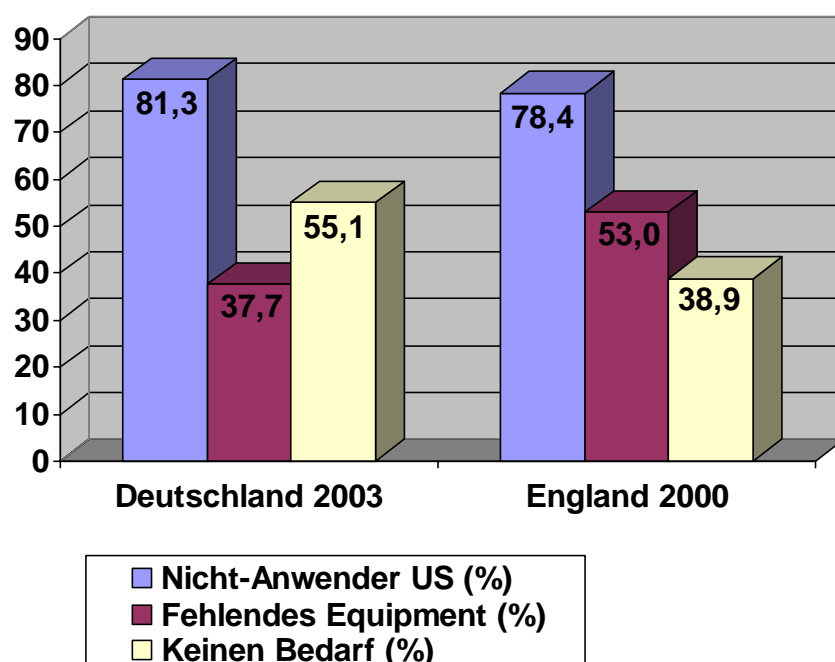


5.6 Kein Einsatz von Ultraschall bei ZVK-Anlagen Deutschland/England

In Deutschland schätzt man in 55,1 % ein, Ultraschall für eine zentralvenöse Punktion nicht zu benötigen, in England war man mit 38,9 % der gleichen Meinung. Allerdings nahm in England eine fehlende Ausstattung mit 53 % als Grund den weit größeren Anteil als in Deutschland mit 37,7 % ein.

Tabelle 18 Kein Einsatz von Ultraschall bei ZVK-Anlagen in Deutschland 2003/England 2000

	DEUTSCHLAND 2003	ENGLAND 2000
Angeschriebene Abteilungen	817	288
Nicht-Anwender von US (%)	361 (81,3 %)	121 (78,4 %)
Grund: Fehlendes Equipment (%)	136 (37,7 %)	70 (53,0 %)
Grund: Keinen Bedarf (%)	199 (55,1 %)	51 (38,9 %)



Der Unterschied zwischen diesen beiden Erhebungen besteht im Wesentlichen darin, dass die englische Umfrage sich ausschließlich an Intensivstationen richtete, während in Deutschland Anästhesie-Abteilungen mit Intensivstationen befragt wurden. Auf Grund des dadurch unterschiedlichen Patientenlientels lassen sich die Ergebnisse nur bedingt vergleichen. Mögen die Zahlen auch unterschiedlich sein, so repräsentieren sie doch die gleiche Grundeinstellung zum Thema Ultraschall und zentralvenöse Kanülierung.

6 Diskussion

Gegenstand dieser Arbeit ist, die Erfolgsraten beider etablierter Ultraschallmethoden - Doppler- und B-Bildverfahren - im Rahmen der zentralvenösen Kanülierung darzustellen, mit dem Ziel, das für die klinische Anwendung in Bezug auf die Trefferquote bessere Verfahren zu detektieren.

Die perkutane Kanülierung der V. jugularis interna zur zentralvenösen Katheteranlage ist heute eine Routinemaßnahme in jedem Krankenhaus. Da die Vene nicht sichtbar und meist auch nicht tastbar ist, wird sie üblicherweise anhand anatomischer Orientierungspunkte aufgesucht (Scherhag et al. 1989, Denys et al. 1993). Diesem meist genutzten Zugangsweg sind einige anatomische Strukturen benachbart, die bei versehentlicher Verletzung den klinischen Verlauf erheblich komplizieren können (Scherhag et al. 1989, Koski et al. 1992, Gilbert et al. 1995, Brass et al. 2001). Das Auftreten derartiger Komplikationen wird durch mehrfache Punktionsversuche bei nicht eindeutig zu lokalisierender Vene begünstigt (Fletcher und Bodenham 2000). Aus der Vielzahl veröffentlichter Punktionswege wird ersichtlich, dass ein für alle Zwecke geeignetes Verfahren noch nicht gefunden wurde. Jedes Verfahren also, das eine Lokalisation der V. jugularis interna auch bei atypischem Verlauf ermöglicht, kann die Erfolgsquote erhöhen und dementsprechend die Komplikationsrate senken (Scherhag et al. 1989). Beide Methoden haben bei der Kanülierung der V. jugularis interna eine hohe Erfolgsrate, sowohl

- das **akustische (Ultraschall-Doppler-Sonographie)** - (Legler und Nugent 1984, Schregel et al. 1985, Schregel et al. 1986, Scherhag et al. 1989, Kayashima und Fukutome 1996, Verghese et al. 1999),
- als auch **bildgebende Verfahren** (B-Bild-Realtime-Sonographie) - (Scherhag et al. 1989, Mallory et al. 1990, Denys et al. 1991, Denys und Uretsky 1991, Troianos et al. 1991, Koski et al. 1992, Alderson et al. 1993, Armstrong et al. 1993, Denys et al. 1993, Soyer et al. 1993, Gallieni und Cozzolino 1995, Kumwenda 1997, Slama et al. 1997,

Teichgräber et al. 1997, Geddes et al. 1998, Hrics et al. 1998, Lin et al. 1998, Nadig et al. 1998, Bock et al. 1999, Hatfield und Bodenham 1999, Verghese et al. 1999, Hayashi und Amano 2002).

Dass **beide Ultraschallverfahren** die Kanülierung zentraler Venen verbessern können, wurde bereits in einer Vielzahl von Publikationen veröffentlicht (Scherhag et al. 1989, Denys et al. 1991, Randolph et al. 1996, Hatfield und Bodenham 1999, Brass et al. 2001, Hind et al. 2003). Insbesondere profitieren Patienten mit zu erwartenden Schwierigkeiten bei der Anlage eines zentralen Zuganges von der Nutzung bildgebender oder dopplersonographischer Techniken (Brass et al. 2001, Hatfield und Bodenham 1999). Studien von Randolph und Hind (Randolph et al. 1996, Hind et al. 2003) beweisen, dass Ultraschalleinsatz signifikant die Quoten für frustrane Punktionsversuche und damit die Komplikationsrate senkte.

Unabhängig davon, für welches Punktionsverfahren man sich entscheidet, um einen Katheter über die V. jugularis interna zu platzieren, korreliert die Senkung der Komplikationsrate in jedem Fall mit dem Punctionserfolg beim ersten Versuch (PbeV). Jeder erneute Punktionsversuch lässt das Auftreten möglicher Komplikationen sprunghaft ansteigen. Methoden zur Gefäßlokalisation sind der Einsatz moderner Ultraschallverfahren in Form von dopplersonographischem oder bildgebendem Ultraschall.

Das **B-Bild-Verfahren** stellt aufgrund der Visualisation der Gefäße und des Punktionsvorganges den „Gold-Standard“ der zentralvenösen Punction dar (Brass et al. 2001). Mit Hilfe der Sonographie kann man die Halsgefäße sichtbar machen, da dies für eine erfolgreiche und komplikationsarme Punction entscheidend ist. Zusätzlich gewinnt man Informationen über die Lagebeziehung von A. carotis und V. jugularis interna zueinander, den Gefäßverlauf sowie Gefäßdurchmesser und es lassen sich atemabhängige Kaliberschwankungen der Gefäße sichtbar machen. Durch Nutzung des Ultraschalls hat sich gezeigt, dass die V. jugularis interna die A. carotis in über 50 % überlagert (Troianos et al. 1991) und das Ausmaß der Überlagerung vom Grad der Kopfrotation

abhängt (Sulek et al. 1996). Trotz Adipositas können Anomalien, Venenklappen und auch Thrombosen gesehen werden (Fletcher und Bodenham 2000). Bereits vor dem Einstich lässt sich erkennen, ob ein Gefäß thrombosiert oder zu klein ist (Koski et al. 1992, Hind et al. 2003). Die sichtbare Lokalisation der Vene bietet mehr Sicherheit für mehrere Punktionsversuche, vermindert so das Vorkommen arterieller Punktionen und ist zudem noch zeitsparend (Troianos et al. 1991).

Diese Zeitersparnis belegt Koski (Koski et al. 1992) in seiner Untersuchung beim Vergleich ultraschallgestützter mit konventioneller Punktion in Sekunden (35 ± 19 s vs. 198 ± 211 s).

Vergleicht man die diskontinuierliche mit der kontinuierlichen Nadelführung, so lässt sich der Vorteil der kontinuierlichen Technik bei der Punktion, besonderes für schwierige Zugänge nachweisen und bei solch einem Patientenkollektiv eine Erfolgsquote von 100 % erzielen (Hatfield und Bodenham 1999). In dieser besagten Untersuchung wiesen mehr als 66 % der Patienten mit zuvor beschriebenen Punktionsproblemen eine anatomische Besonderheit, wie z. B. kleine bzw. nicht vorhandene Gefäße, oder aber das Vorliegen eines Gefäßthrombus auf.

Das B-Bild-Verfahren bietet besonders dann Vorteile, wenn die V. jugularis und die A. carotis hintereinander oder direkt nebeneinander liegen und daher ohne Dopplersignal nicht eindeutig gegeneinander abgrenzbar sind (Scherhag et al. 1989). Patientenzufriedenheit und Patientenkomfort werden verbessert (Gilbert et al. 1995). Mit dieser Methode kann man die Lage der Kanüle aber auch des Katheters in der Vene bestätigen (Fletcher und Bodenham 2000). In der überwiegenden Anzahl der Fälle jedoch verhindern die 1. Rippe und die mit Luft gefüllte Lunge die sonographische Sicht, so dass der Sitz der Katheterspitze immer mit transthorakaler Röntgentechnik überprüft werden muss (Koski et al. 1992, Fletcher und Bodenham 2000). Ein eingebauter Akku macht das nur 3 kg wiegende Gerät völlig unabhängig vom Stromnetz, universell

einsetzbar und ermöglicht durch die einfache Handhabung eine rasche und problemlose Einarbeitung (Denys et al. 1993, Bock et al. 1999).

Durch seine interdisziplinäre Einsetzbarkeit, nicht nur für intensivmedizinische Fragestellungen relativieren sich die hohen Anschaffungskosten (Scherhag et al. 1989, Hind et al. 2003).

Die Kosten für ein tragbares Ultraschallgerät bewegen sich zwischen 10000 - 15000 Euro plus Verbrauchsmaterial für jede sterile Punktion von ca. 5 - 10 Euro.

Bis zum Einsatz der Ultraschalltechnik am Patienten bedarf es einiger steriler Zureichungen durch pflegerisches Personal. Ein gewisser Nachteil bei der Punktion kann sein, dass der punktierende Arzt seine ganze Aufmerksamkeit vom Patienten weg auf einen separaten Videobildschirm lenken muss. Wegen fehlender Dopplerfunktion an diesem Gerät kann einerseits nicht zweifelsfrei zwischen arteriellen und venösen Gefäßen unterschieden und zum anderen keine Aussage über eine möglicherweise vorhandene Thrombose zwischen V. brachiocephalica und rechtem Herzen getroffen werden (Longley et al. 1993).

Beim **Ultraschall Doppler** lassen sich nach Aufsetzen der Sonde die gewonnenen akustischen Signale recht schnell und sicher hinsichtlich ihrer Klangmodalitäten, entweder als arterielle oder venöse Signale verifizieren (Troianos et al. 1991, Gilbert et al. 1995). Nützlich ist dieses Verfahren bei der Diagnose von Abflussstörungen, dem sogenannten „Thoracic outless syndrom“ (Longley et al. 1993). Außerdem ist es möglich Thrombosen, katheterassoziierte Infektionen oder auch Stenosen zu dedektieren (Longley et al. 1993).

Dopplerultraschall ist abhängig von den unterschiedlichen Klangmodalitäten arterieller und venöser Gefäße und liefert kein Bild, um die V. jugularis interna zu lokalisieren. Die niedrige Geschwindigkeit des venösen Flusses in der V. jugularis interna hat einen deutlich unterschiedlichen Klang zum charakteristisch pulsierendem Blutfluss in

der A. carotis, während durch das B-Bildverfahren die Strukturen sichtbar gemacht werden können und meist eine klare Trennung von Arterie und Vene möglich ist.

Nach Anschluss der Sonde an das Gerät kann der Untersucher auch ohne weitere Zureichungen durch Pflegepersonal punktieren. Der anschließbare Fußschalter ist hierbei sehr nützlich. Die Sonden sind wiederverwertbar und können resterilisiert werden, deshalb sind keine Schutzhüllen notwendig. Ein weiterer Vorteil ist die gute Übersicht im Operationsfeld. Das Doppler-Verfahren ist relativ preisgünstig, das Gerät gut transportabel und die Einarbeitungszeit zur Einschätzung von Verlauf und Flussvolumen des zu punktierenden Gefäßes ist nur kurz (Scherhag et al. 1989).

Die Anschaffungskosten für einen Taschen-Doppler belaufen sich auf etwa 1000 Euro; der Sono Guide 2[®] kostet ca. 2500 Euro. Die Kosten für eine sterile Punktion liegen bei ungefähr 5 Euro.

Für eine erfolgreiche Punktion mit dieser Technik ist eine ruhige Umgebung notwendig, um die unter Umständen doch feinen Unterschiede zwischen venösen und arteriellen Mustern zu erkennen (Gilbert et al. 1995). Gerade diese Voraussetzung lässt sich im klinischen Alltag manchmal nur schwer realisieren. Dies ist insbesondere dann unmöglich, wenn A. carotis und V. jugularis interna direkt neben- oder hintereinander liegen und nicht eindeutig gegeneinander abzugrenzen sind (Scherhag et al. 1989), d.h. das Dopplerverfahren ermöglicht nur eine mäßig genaue und bei Problemfällen nur unzureichende Lokalisation der V. jugularis interna (Scherhag et al. 1989). Wird das Punktionsgebiet anästhesiert, kann das Dopplersignal jetzt bis zu 50 % schwächer sein (lt. Bedienungsanleitung Sono Guide 2[®]). Dieses Verfahren beruht lediglich auf akustischen Signalen und hat den Nachteil, dass man weder die Nadel noch den Katheter bis in das Gefäßlumen verfolgen kann.

Nur einmalig, im Jahre 1989, sind B-Bild und Dopplerultraschall bei der Kanülierung der V. jugularis interna sowie die Punktion nach „Landmarkentechnik“ in einer Studie mit je 20 Patienten bewertet worden, Dabei schnitt das B-Bild-Verfahren mit einer Trefferquote von 70 % am besten ab. Durch Nutzung von Dopplerultraschall lag die prozentuale Trefferquote bei 45 % und war damit sogar etwas schlechter als bei Punktionen nach der Landmarken-Technik (55 %) - (Scherhag et al. 1989).

Auch Untersuchungen im Jahre 2000 (Fletcher und Bodenham) zeigten Vorteile für eine ultraschallgestützte Punktion der V. jugularis interna im Vergleich zur Kanülierung mit Hilfe anatomischer Orientierungspunkte.

In beiden Studien (1989 und 2000) schlussfolgerte man den Einsatz der Sonographie für folgende Indikationen:

- Punktionsprobleme in der Anamnese,
- Patienten mit Gerinnungsstörungen oder unter Heparinisierung,
- Patienten mit erkennbaren anatomischen Veränderungen oder Punktionshindernissen im Halsbereich (kurzer dicker Hals, Struma, Voroperationen, Narben, Hämatome nach Vorpunktionen),
- dehydrierte Patienten,
- drei erfolglose Punktionen,
- Patienten, die eine Rückenlage nicht tolerieren (Kurzatmigkeit, Neurochirurgie),
- Ausbildungszwecke (Scherhag et al. 1989, Fletcher und Bodenham 2000).

Auch die Publikation der Anästhesieabteilung des Hospitals der Universität Pennsylvania 1991 favorisiert die ultraschallgestützte Kanülierung gegenüber der herkömmlichen Punktion an Hand anatomischer Merkmale (Erfolgsrate im ersten Punktionsversuch 73 % vs. 54 %) (Troianos et al. 1991).

Nachstehende Untersuchungen erbrachten ähnliche Resultate.

- Im Jahre 1993 wurden an der Universität von Pittsburgh 1230 Patienten zentral kanüliert und zwar mittels bildgebender Ultraschalltechnik und „Landmarken“-Technik. Die anschließende Auswertung der Ergebnisse zeigte einen deutlichen Erfolg für die Trefferquote beim ersten Kanülierungsversuch in der Ultraschallgruppe (78 % vs. 38 %) sowie eine wesentliche Reduzierung der Komplikationsrate (z.B. Carotispunktion 1,7 % vs. 8,3 %) - (Denys et al. 1993).
- Im Juli 1999 bestätigte die Studie der chirurgischen Abteilung des Pentrose Hospital in Colorado Spring ebenfalls den Vorteil einer ultraschallgestützten zentralvenösen Punktion. Hier bezog man gerade Risikopatienten und solche mit relativen Gegenanzeigen für eine zentralvenöse Kanülierung in die Untersuchung ein. Obwohl diese Patienten beispielsweise unter angeborenen Gerinnungsstörungen, erheblicher Adipositas, Hypovolämie, Lungenödem, stark verminderter Lungenfunktion usw. litten, war trotzdem in allen Fällen eine zentralvenöse Kanülierung möglich und die Komplikationsrate dabei nahezu null (ein Pneumothorax) - (Fry et al. 1999).

Unter optimalen Umständen und normaler Anatomie erbringt auch die ZVK-Anlage nach Landmarken-Technik eine Trefferquote von bis zu 96 % (Troianos et al. 1991), weshalb aufgrund dieser hohen Erfolgsquote der Nutzen von Ultraschall angezweifelt wird (Seneff MG 1987). Mittels Ultraschall haben Denys & Uretsky gezeigt, dass von 200 Patienten lediglich 183 (92 %) eine normale Anatomie aufweisen. Alle anderen zeigen Anomalien bis hin zum völligen Fehlen der V. jugularis interna (Denys und Uretsky 1991). Deshalb liegen die Probleme bei zentraler Katheteranlage mindestens bei 10 % (Denys et al. 1993, Fletcher und Bodenham 2000).

Im Gegensatz zu den meisten anderen Studien auf diesem Gebiet, sind in unserer Studie alle Katheterisierungen von einem, mit den jeweiligen

Ultraschalltechniken vertrauten Anästhesisten durchgeführt worden. Bei beiden Ultraschallmethoden lag seine Trefferquote nach maximal drei Versuchen bei 100 %.

Zwischen beiden Ultraschallverfahren ergab sich nach Auswertung der Daten ein statistisch signifikanter Punctionserfolg bei der ersten Punction ($p = 0,045$).

Die klinische Erfahrung zeigt, dass bei adipösen Patienten ($BMI > 30$) oft mehrere Versuche zur Katheterisierung der V. jugularis interna notwendig sind.

Wegen des statistisch signifikanten Einflusses des BMI beim ersten Punctionsversuch unterteilten wir die Vergleichsgruppen in zwei Kollektive ($BMI > 30$; $BMI < 30$) und konnten beweisen, dass das B-Bild-Verfahren bei einem $BMI > 30$ bessere Erfolgsraten liefert als beim Ultraschall-doppler.

Trotz Ultraschall-Nutzung kamen in unserer Studie 5 arterielle Punctionen vor ($5/338 = 1,5 \%$). In allen drei Fällen, die in der Dopplergruppe vorkamen, lag die Vene oberhalb der Arterie. Das ergab ein aus arteriellen und venösen Klangmodalitäten zusammengesetztes Signal. Trotz des vorsichtigen Vorschiebens der Nadel kam es zu einer arteriellen Punction. Der Grund für die Carotispunctionen in der B-Bildgruppe war, dass die V. jugularis interna einmal medial und einmal direkt vor der A. carotis lag.

In der Literatur wird die Häufigkeit einer arteriellen Fehlpunction bei der Nutzung von Ultraschall mit 1,7 % angegeben (Denys et al. 1993). Die Zeit für die Kanülierung wurde nicht registriert.

In der heutigen Zeit ist zu unterstreichen, dass die ultraschallgestützte zentralvenöse Punction durch geringeren Bedarf an Punctionssystemen und durch Vermeidung kostenträchtiger Komplikationen ökonomisch vorteilhaft ist (Brass et al. 2001). Trotzdem erscheint uns die Forderung,

zentralvenöse Punktionen nur mit bildgebenden Ultraschallgeräten durchzuführen, nicht realisierbar. Nach wie vor ist es illusorisch, an jedem Ort, wo zentralvenöse Katheterisierungen durchgeführt werden, ein bildgebendes Verfahren zur Verfügung zu haben (Teichgräber et al. 1997, Brass et al. 2001).

Jeder Anästhesist und Intensivmediziner sollte zentralvenöse Punktionen auch ohne Ultraschallgerät durchführen können (Brass et al. 2001). Das Beharren auf der blinden Punktionstechnik ist jedoch nach Kenntnis der oben erwähnten Studien abzulehnen. Insbesondere Kinder, Patienten mit Gerinnungsstörungen, anatomischen Abweichungen und Adipositas sowie unerfahrene Ärzte profitieren von der ultraschallunterstützten zentralvenösen Punktion (Brass et al. 2001, Muhm M. 2002).

Auch in unserer Untersuchung haben wir die Vorteile der Nutzung beider Ultraschalltechniken (Doppler und B-Mode) für die zentralvenöse Punktion insbesondere bei Risikopatienten herausgearbeitet. Das Hauptresultat unserer Untersuchung ist, dass die Trefferquote der 1. Punktion sowohl von den Ultraschallverfahren als auch vom Body-Maß-Index abhängt, es zeigte sich lediglich bei Patienten mit einem BMI > 30 ein gewisser Vorteil für den bildgebenden Ultraschall.

Selbstkritisch müssen wir allerdings einschätzen, dass unser Fragebogen (siehe Abbildung 21) in einigen Punkten zu wenig präzise war. So ging aus Frage 3 nicht hervor, ob mit dem transportablen Ultraschallgerät nur ein bildgebendes Verfahren gemeint war. Anhand der angegebenen Geräte lässt sich erkennen, dass auch Taschendoppler eingesetzt werden. In Frage 5 wurde nach der routinemäßigen ultraschallgestützten ZVK-Anlage gefragt. Wir haben aber nicht definiert, was unter routinemäßigem Einsatz zu verstehen ist:

- Immer
- immer, wenn eine schwierige Punktion erwartet wird
- oder bei Intensivpatienten mit wiederholten Katheteranlagen.

Die Frage nach der Überprüfung von Komplikationen bei ZVK-Anlagen war ebenfalls zu wenig präzise, da nicht angegeben werden musste, wie dies geschieht.

In vielen Antwortbögen wurde die Sorge geäußert, dass Ultraschall zum allgemeingültigen Standard erhoben werden könnte. Auch die eventuell daraus resultierenden mediko-legalen Folgen kommentierten einige kritisch. Dahinter zeichnet sich ein möglicher Bias als weitere Limitation der Umfrage ab.

7 Ausblick

Ultraschallgestützte ZVK-Anlagen im Vergleich mit Techniken, die sich an anatomischen Leitstrukturen orientieren, zeigen, dass Ultraschalleinsatz klare Vorteile für die zentralvenöse Punktion der V. jugularis interna bietet und signifikant die Quoten für frustrane Versuche und Komplikationen senkt.

Insbesondere für Anfänger, bei Kindern und bei gescheiterten Punktionsversuchen wird dieser Nutzen deutlich. Unbestritten bleibt, dass jeder Anästhesist und Intensivmediziner eine ZVK-Anlage auch ohne Ultraschall beherrschen sollte. Dennoch lassen bestimmte Konstellationen von vorn herein Probleme in Bezug auf eine zentralvenöse Punktion erwarten.

Spätestens an diesem Punkt muss man an den Ultraschalleinsatz denken und seine Vorteile nutzen.

Dabei ist in der Literatur der Einsatz von Ultraschall bei der Anlage zentraler Venenkatheter eine der wenigen überhaupt mit Evidenz versehenen qualitätssteigernden Maßnahmen zum Nutzen unserer Patienten (Troianos et al. 1991, Koski et al. 1992, Denys et al. 1993, Longley et al. 1993, Fletcher und Bodenham 2000).

Verglichen mit anderen medizinischen Technologien und den Kosten für aufgetretene Komplikationen sind die Kosten dieser Technologie bescheiden, denn auch die Anlage zentralvenöser Katheter ist nicht ohne Risiko. Komplikationen treten auf, manchmal verlaufen sie auch tödlich. Selbst geringfügige Komplikationen können bedeutsam sein und auf alle Fälle kosten sie Geld.

Mit unserer Umfrage haben wir eine Datengrundlage geschaffen, die zeigt, dass in Deutschland derzeit ultraschallgestützte ZVK-Anlagen keinen

Standard darstellen, eine Förderung des Einsatzes von Ultraschall aber dringend geboten erscheint.

Auch in England zeigte die Umfrage, dass Ultraschall zur ZVK-Anlage nicht routinemäßig angewendet wird. Nichtsdestoweniger veröffentlichte das National Institute of Clinical Excellence bereits im September 2002 eine Empfehlung, die eine Ultraschallführung für die elektive ZVK-Anlage über die V. jugularis interna als die zu favorisierende Methode ansieht (NICE 2002).

Unter Berücksichtigung unserer Untersuchungen und nach Auswertung bisheriger Studienergebnisse (Schregel et al. 1985, Scherhag et al. 1989, Denys und Uretsky 1991, Alderson et al. 1993, Soyer et al. 1993, Hatfield und Bodenham 1999, Fletcher und Bodenham 2000, Brass et al. 2001) erscheint in folgenden Situationen ist eine ultraschallgestützte Punktion sinnvoll:

- nach mehr als drei erfolglosen Punktionen,
- bei Schwierigkeiten oder Komplikationen während vorausgegangener Katheterisierungen,
- bei wiederholten zentralvenösen Punktionen onkologischer Patienten,
- bei vorhandenen Gerinnungsstörungen,
- bei anatomischen Abweichungen bzw. fehlenden „Landmarken“,
- bei Beschränkung auf nur eine Seite zur Punktion (wegen vorhandener Katheter, Herzschrittmacher oder nach chirurgischen Eingriffen in dieser Region),
- zur zentralvenösen Katheteranlage bei Kindern (kleiner als 2 Jahre, Gewicht unter 10 kg, angeborene Herzfehler),
- aus anderen Gründen (Hypovolämie, Verdacht auf Gefäßanomalien).

Wir sind der festen Überzeugung, dass wir uns in Deutschland dem Trend zur ultraschallgestützten Punktion nicht verweigern können. Auf Grund unserer Daten erscheint eine Förderung des Einsatzes von Ultraschall dringend geboten und unseres Erachtens müssen innerhalb der nächsten

Jahre die Voraussetzungen geschaffen werden, Ultraschall zur zentralen Katheteranlage verfügbar zu haben und die Anwender in dessen Gebrauch auszubilden.

„In the country of the blind, the one- eyed man is king” (Scott DH 1999).

LITERATURVERZEICHNIS

1. Alderson PJ, Burrows FA, Stemp LI, Holtby HM. 1993. Use of ultrasound to evaluate internal jugular vein anatomy and to facilitate central venous cannulation in paediatric patients. *Br J Anaesth*, 70 (2):145-148.
2. Armstrong PJ, Cullen M, Scott DH. 1993. The 'SiteRite' ultrasound machine-an aid to internal jugular vein cannulation. *Anaesthesia*, 48 (4):319-323.
3. Armstrong PJ, Sutherland R, Scott DH. 1994. The effect of position and different manoeuvres on internal jugular vein diameter size. *Acta Anæsthesiol Scand*, 38 (3):229-231.
4. Aubaniac R. 1952. Une nouvelle voie d'injection ou de ponction veineuse. *Sem Hop Paris*, 28:3445.
5. Bailey SH, Shapiro SB, Mone MC, Saffle JR, Morris SE, Barton RG. 2000. Is immediate chest radiograph necessary after central venous catheter placement in a surgical intensive care unit? *Am J Surg*, 180 (6):517-521; discussion 521-512.
6. Benter T, Teichgraber UK, Kluhs L, Dorken B. 1999. Percutaneous central venous catheterization with a lethal complication. *Intensive Care Med*, 25 (10):1180-1182.
7. Black S, Ockert DB, Oliver WC Jr., Cucchiara RF. 1988. Outcome following posterior fossa craniectomy in patients in the sitting or horizontal positions. *Anesthesiology*, 69 (1):49-56.

8. Bleichröder F. 1912. Intra-arterielle Therapie. Berl Klin Wochenschr:1503-1505.
9. Bock U, Mollhoff T, Forster R. 1999. Ultraschallgesteuerte versus anatomisch orientierte Punktion der Vena jugularis interna zur zentralvenösen Katheterisierung. Eine randomisierte Studie. Ultraschall Med, 20 (3):98-103.
10. Bouza E, Burillo A, Munoz P. Catheter- related infections: diagnosis and intravascular treatment. Clin Microbiol Infect 2002; 8 (5): 265-274
11. Brass P, Volk O, Leben J, Schregel W. 2001. Zentralvenöse Punktion nur noch mit Ultraschall? Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther, 36 (10):619-627.
12. Braun U, Hempel V. 1995. Überwachung während der Anästhesie. In: Doenick A, Kettler D, List WF, Radke J, Tarnow J. Hrsg. Anästhesiologie. 7te Aufl. Berlin: Springer, 422-424.
13. Buchwald KP. 1976. Kammerflimmern als Komplikation beim Legen eines Cava- katheters. Anaesthesist, 25 (3):110-111.
14. Bunegin L, Albin MS, Helsel PE, Hoffman A, Hung TK. 1981. Positioning the right atrial catheter: a model for reappraisal. Anesthesiology, 55 (4):343-348.
15. Burri C, Ahnefeld FW. 1977. Cava-Katheter. Aufl. Berlin: Springer.
16. Burri C, Gasser D, Dieter F. 1971. Der Vena-Cava-Katheter. Aufl. Berlin-Heidelberg-New York: Springer.

17. Curelaru I, Linder LE, Gustavsson B. 1980. Displacement of catheters inserted through internal jugular veins with neck flexion and extension. A preliminary study. *Intensive Care Med*, 6 (3):179-183.
18. DeBoscoli G. 1956. Veias subclavias e troncos venoas Dracquiocephalicos, novasvias de aceso para as transfusoes endovenosas. *Pediatrics Rio de J*, 21:113.
19. Denys BG, Uretsky BF. 1991. Anatomical variations of internal jugular vein location: impact on central venous access. *Crit Care Med*, 19 (12):1516-1519.
20. Denys BG, Uretsky BF, Reddy PS. 1993. Ultrasound-assisted cannulation of the internal jugular vein. A prospective comparison to the external landmark-guided technique. *Circulation*, 87 (5):1557-1562.
21. Denys BG, Uretsky BF, Reddy PS, Ruffner RJ, Sandhu JS, Breishlatt WM. 1991. An ultrasound method for safe and rapid central venous access. *N Engl J Med*, 324 (8):566.
22. Duffy B. 1949. The clinical use of polyethylene tubing for central venous infusions. *N Engl J Med*, 5
23. Ermakov S, Hoyt JW. 1992. Pulmonary artery catheterization. *Crit Care Clin*, 8 (4):773-806.
24. Fletcher SJ, Bodenham AR. 2000. Safe placement of central venous catheters: where should the tip of the catheter lie? *Br J Anaesth*, 85 (2):188-191.

25. Forßmann W. 1929. Die Sondierung des rechten Herzens. *Klin Wochenschr*, 8:2085-2087.
26. Forßmann W. 1972. Selbstversuch - Erinnerung eines Chirurgen. Aufl. Düsseldorf: Droste.
27. Frank DA, Meuse J, Hirsch D, Ibrahim JG, van den Abbeele AD. 2000. The treatment and outcome of cancer patients with thromboses on central venous catheters. *J Thromb Thrombolysis*, 10 (3):271-275.
28. Fry WR, Clagett GC, O'Rourke PT. 1999. Ultrasound-guided central venous access. *Arch Surg*, 134 (7):738-740; discussion 741.
29. Gallieni M, Cozzolino M. 1995. Uncomplicated central vein catheterization of high risk patients with real time ultrasound guidance. *Int J Artif Organs*, 18 (3):117-121.
30. Geddes CC, Walbaum D, Fox JG, Mactier RA. 1998. Insertion of internal jugular temporary hemodialysis cannulae by direct ultrasound guidance-a prospective comparison of experienced and inexperienced operators. *Clin Nephrol*, 50 (5):320-325.
31. Gilbert TB, Seneff MG, Becker RB. 1995. Facilitation of internal jugular venous cannulation using an audio-guided Doppler ultrasound vascular access device: results from a prospective, dual-center, randomized, crossover clinical study. *Crit Care Med*, 23 (1):60-65.
32. Gravenstein N, Blackshear RH. 1991. In vitro evaluation of relative perforating potential of central venous catheters: comparison of materials, selected models, number of lumens, and angles of incidence to simulated membrane. *J Clin Monit*, 7 (1):1-6.

33. Gritsch HT, Ballinger CM. 1959. Value of indwelling catheter in intravenous therapy. J Amer med Ass, 171:281.
34. Hatfield A, Bodenham A. 1999. Ultrasound: an emerging role in anesthesia and intensive care. Br J Anaesth, 83:789-800
35. Hatfield A, Bodenham A. 1999. Portable ultrasound for difficult central venous access. Br J Anaesth, 82 (6):822-826.
36. Hayashi H, Amano M. 2002. Does ultrasound imaging before puncture facilitate internal jugular vein cannulation? Prospective randomized comparison with landmark-guided puncture in ventilated patients. J Cardiothorac Vasc Anesth, 16 (5):572-575.
37. Heine J, Groeben H, Bottiger BW. 2003. Neue Wege und aktuelle Aspekte in der Intensivmedizin- eine Auswahl wegweisender Artikel der letzten Monate. Anasthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther, 38 (11):710-715.
38. Heinze J, Rothe KF. 1990. Herzperforation nach zentralvenöser Katheterisierung. Anaesth Intensivmed, 31:40-46.
39. Heitmann D. 1981. Indikation und Technik zentralvenöser Katheter. In: Lawin P, Hartenauer U, Hrsg. Der intravasale Katheter: Indikation - Technik - Komplikationen. Aufl. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 30-40.
40. Hermoshura B, Vanags L, Dickey MW. 1966. Measurement of pressure during intravenous therapy. J Amer med Ass, 195:321.

41. Hind D, Calvert N, McWilliams R, Davidson A, Paisley S, Beverley C, Thomas S. 2003. Ultrasonic locating devices for central venous cannulation: meta-analysis. *BMJ*, 327 (7411):361.
42. Hrics P, Wilber S, Blanda MP, Gallo U. 1998. Ultrasound-assisted internal jugular vein catheterization in the ED. *Am J Emerg Med*, 16 (4):401-403.
43. Jeske C, Raedler C, von Goedecke A, Mayr A, Hinterberger G, Aspoeck C, Lass-Floerl C, Benzer A. 2003. Early identification of bacteria leading to central venous catheter contamination. *Anesth Analg*, 97 (4):940-943, table of contents.
44. Jefferson P, Ogbue MN, Hamilton KE, Ball DR. 2002. A survey of the use of portable ultrasound for central vein cannulation on critical care units in the UK. *Anaesthesia*, 57:365-368
45. Kahn JK. 1995. Central venous catheters. Placement and monitoring tips. *Postgrad Med*, 97 (3):65-68.
46. Kalso E, Rosenberg PH, Vuorialho M, Pietila K. 1982. How much do arm movements displace cubital central venous catheters? *Acta Anaesthesiol Scand*, 26 (4):354-356.
47. Kayashima K, Fukutome T. 1996. A reliable method for internal jugular vein catheterization for neonates and infants using a small-caliber Doppler probe. *Masui*, 45 (11):1424-1429.
48. Keenan SP. 2002. Use of ultrasound to place central lines. *J Crit Care*, 17 (2):126-137.

49. Klockgether- Radke AP, Gaus P. 2004. Fehllage eines zentralen Venenkatheters bei einem Patienten mit schwerem Thoraxtrauma. AINS, 39: 292-296
50. Koski EM, Suhonen M, Mattila MA. 1992. Ultrasound-facilitated central venous cannulation. Crit Care Med, 20 (3):424-426.
51. Kumwenda MJ. 1997. Two different techniques and outcomes for insertion of long-term tunnelled haemodialysis catheters. Nephrol Dial Transplant, 12 (5):1013-1016.
52. Lang-Jensen T, Nielsen R, Sorensen MB, Jacobsen E. 1980. Primary and secondary displacement of central venous catheters. Acta Anaesthesiol Scand, 24 (3):216-218.
53. Lefrant JY, Cuvillon P, Benezet JF, Dauzat M, Peray P, Saissi G, de La Coussaye JE, Eledjam JJ. 1998. Pulsed Doppler ultrasonography guidance for catheterization of the subclavian vein: a randomized study. Anesthesiology, 88 (5):1195-1201.
54. Legler D, Nugent M. 1984. Doppler localization of the internal jugular vein facilitates central venous cannulation. Anesthesiology, 60 (5):481-482.
55. Lewandowski K, Lewandowski M. 2003. Komplikationen des zentralen Venenkatheters bei Erwachsenen und Kindern. Anaesthesiologie und Intensivmed, 44:393-407.
56. Lichtenstein D, Saifi R, Augarde R, Prin S, Schmitt JM, Page B, Pipien I, Jardin F. 2001. The Internal jugular veins are asymmetric. Usefulness of ultrasound before catheterization. Intensive Care Med, 27 (1):301-305.

57. Lin BS, Kong CW, Tarng DC, Huang TP, Tang GJ. 1998. Anatomical variation of the internal jugular vein and its impact on temporary haemodialysis vascular access: an ultrasonographic survey in uraemic patients. *Nephrol Dial Transplant*, 13 (1):134-138.
58. Lobato EB, Sulek CA, Moody RL, Morey TE. 1999. Cross-sectional area of the right and left internal jugular veins. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 13 (2):136-138.
59. Loeweneck H, Schafer K, Pfeifer KJ. 1978. Anatomische Hinweise zur Anlage von zentralen Venenkathetern. *Chirurg*, 49 (10):615-619.
60. Longley DG, Finlay DE, Letourneau JG. 1993. Sonography of the upper extremity and jugular veins. *AJR Am J Roentgenol*, 160 (5):957-962.
61. Lorenz A. 1997. *Physikalische Grundlagen der Ultraschall Diagnostik*. 2te Aufl. Stuttgart: Thieme Verlag.
62. Mallory DL, Shawker T, Evans RG, McGee WT, Brenner M, Parker M, Morrison G, Mohler P, Veremakis C, Parrillo JE. 1990. Effects of clinical maneuvers on sonographically determined internal jugular vein size during venous cannulation. *Crit Care Med*, 18 (11):1269-1273.
63. Mangar D, Turnage WS, Mohamed SA. 1993. Is the internal jugular vein cannulated during insertion or withdrawal of the needle during central venous cannulation? *Anesth Analg*, 76 (6):1375.
64. Maxeiner H. 1991. Arteriell aberrierender Zentralvenenkatheter mit tödlicher Hirnembolie. *Anaesthesist*, 40 (8):452-455.

65. McDonough JJ, Altemeier WA. 1971. Subclavian venous thrombosis secondary to indwelling catheters. Surg Gynecol Obstet, 133 (3):397-400.
66. Merrer J, De Jonghe B, Golliot F, Lefrant JY, Raffy B, Barre E, Rigaud JP, Casciani D, Misset B, Bosquet C, Outin H, Brun-Buisson C, Nitenberg G. 2001. Complications of femoral and subclavian venous catheterization in critically ill patients: a randomized controlled trial. Jama, 286 (6):700-707.
67. Meyers L. 1945. Intravenous catheterization. Amer J Nurs, 45:930.
68. Muhm M. 2002. Ultrasound guided central venous access. British Medical Journal, 325:1373-1374.
69. National- Institute- for- Clinical- Excellence. 2002. Guidance on the use of ultrasound locating devices for placing central venous catheters. London: NICE
70. Nadig C, Leidig M, Schmiedeke T, Hoffken B. 1998. The use of ultrasound for the placement of dialysis catheters. Nephrol Dial Transplant, 13 (4):978-981.
71. Opderbecke HW, Bardachzi E. 1961. Die Verwendung eines "Kava-Katheters" bei langdauernder Infusionsbehandlung. Dtsch Med Wochenschr, 86:203-206.
72. Orebaugh SL. 1992. Venous air embolism: clinical and experimental considerations. Crit Care Med, 20 (8):1169-1177.

73. Pina J, Morujao N, Castro-Tavares J. 1992. Internal jugular catheterisation. Blood reflux is not a reliable sign in patients with thoracic trauma. *Anaesthesia*, 47 (1):30-31.
74. Polderman KH, Girbes AJ. 2002. Central venous catheter use. Part 1: mechanical complications. *Intensive Care Med*, 28 (1):1-17.
75. Prielipp RC, Sherertz RJ. 2003. Skin: the first battlefield. *Anesth Analg*, 97 (4):933-935.
76. Quinke H. 1875. Über fetthaltige Transudate - Hydrops chylosus und Hydrops adiposus. *Arch Klin Med*, 16:121.
77. Randolph AG, Cook DJ, Gonzales CA, Pribble CG. 1996. Ultrasound guidance for placement of central venous catheters: a meta-analysis of the literature. *Crit Care Med*, 24 (12):2053-2058.
78. Reddy G, Coombes A, Hubbard AD. 1998. Horner's syndrome following internal jugular vein cannulation. *Intensive Care Med*, 24 (2):194-196.
79. Ruesch S, Walder B, Tramer MR. 2002. Complications of central venous catheters: internal jugular vs. subclavian access- review. *Crit Care Med*, 30:454-460
80. Scherhag A, Klein A, Jantzen JP. 1989. Die Vena jugularis interna-Kanülierung mit Hilfe zweier Ultraschall Verfahren. Eine vergleichende kontrollierte Untersuchung. *Anaesthesist*, 38 (11):633-638.

81. Schlotterbeck K, Tanzer H, Alber G, Muller P. 1997. Zerebrale Luftembolie nach zentralem Venenkatheter. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*, 32 (7):458-462.
82. Schregel W, Straub H, Singbartl G. 1986. Unidirectional 8-MHz continuous wave Doppler equipment can facilitate catheterization of the internal jugular vein. *J Ultrasound Med*, 5 (8):421-424.
83. Schregel W, Straub H, Cunitz G, Ulmer WT. 1985. Ultraschall-Doppler Sonographie. Ein einfaches Verfahren zur Verbesserung der Vena jugularis interna Punktion. *Anaesthesist*, 34 (2):93-97.
84. Schummer W, Schummer C, Fritz H. 2001. Perforation der Vena cava superior bei unerkannter Stenose. *Anaesthesist*, 50 (10):772-777.
85. Schummer W, Schummer C, Hoffmann E. 2003. Chylothorax nach Anlage eines zentralvenösen Katheters. *Anaesthesist*, 52 (10):919-924.
86. Schummer W, Schummer C, Voigt R, Heyne J, Steenbeck J. 2003. Pseudoaneurysma- eine seltene Komplikation nach Vena jugularis interna Punktion: Zwei Fallberichte bei Patienten nach Lebertransplantation. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*, 38 (8):542-546.
87. Scott DH. 1999. In the country of the blind, the one- eyed man is king. Erasmus (1466- 1536). *Br J Anaesth*, 82: 822-826
88. Seidelin PH, Stolarek IH, Thompson AM. 1987. Central venous catheterization and fatal air embolism. *Br J Hosp Med*, 38 (5):438-439.

89. Seneff MG. 1987. Central venous catheterization: A comprehensive review, Part II. J Intensive Care Med; 2:218-232
90. Slama M, Novara A, Safavian A, Ossart M, Safar M, Fagon JY. 1997. Improvement of internal jugular vein cannulation using an ultrasound-guided technique. Intensive Care Med, 23 (8):916-919.
91. Soyer P, Lacheheb D, Levesque M. 1993. High-resolution sonographic guidance for transjugular liver biopsy. Abdom Imaging, 18 (4):360-362.
92. Sulek CA, Gravenstein N, Blackshear RH, Weiss L. 1996 Head rotation during internal jugular vein cannulation and the risk of carotid artery puncture. Anaest Analg, 82:125-128
93. Teichgräber UK, Benter T, Gebel M, Manns MP. 1997. A sonographically guided technique for central venous access. AJR Am J Roentgenol, 169 (3):731-733.
94. Tonczar L, Coraim F, Egkher E, Ilias W, Strickner M. 1977. Ist die angiographische Kontrolle eines Zentralvenenkatheters erforderlich? Anaesthesist, 26 (10):586-588.
95. Troianos CA, Jobes DR, Ellison N. 1991. Ultrasound-guided cannulation of the internal jugular vein. A prospective, randomized study. Anesth Analg, 72 (6):823-826.
96. van Dijk B, Bakker PM. 1977. Appraisal of the dislocation of central venous catheter tips using subclavian and arm veins. Anaesthesist, 26 (3):138-140.

97. Verghese ST, McGill WA, Patel RI, Sell JE, Midgley FM, Ruttimann UE. 1999. Ultrasound-guided internal jugular venous cannulation in infants: a prospective comparison with the traditional palpation method. *Anesthesiology*, 91 (1):71-77.
98. Zimmermann B. 1945. Scientific apparatus and laboratory methods: Intravenous tubing for parenteral therapie. *Science*, 101:567.

Lebenslauf

Name	Tuppatsch, Heike
Geburtsdatum	09.09. 1963
Geburtsort	Eisenach
Familienstand	verheiratet, zwei Kinder: Luise und Karoline
Wohnort	99817 Eisenach Nesselalstrasse 5
Schulbildung	1970 - 1980 Allgemeinbildende Poly-technische Oberschule Wenigenlupnitz 1980 - 1983 Medizinische Fachschule Eisenach, Ausbildung zur Kinder-krankenschwester
Berufspraxis	1983 - 1986 Kinderkrankenschwester im Kreiskrankenhaus Eisenach
Hochschulvorbereitung	1986 - 1987 Fachschule für Gesundheits- und Sozialwesen Potsdam
Studium der Humanmedizin -	1987 - 1989 Universität Leipzig 1989 - 1992 Medizinische Akademie Erfurt ab 04.01.1993 - 6. Studienjahr im Kreiskrankenhaus Eisenach
Approbation	01.07. 1995
Berufspraxis Ä. i. P.	ab 27.12.1993 bis 30.06.1995
Facharztausbildung	ab 01.07.1995 bis 30.06.1998 Weiterbildungsassistentin im Fachgebiet Anästhesiologie am Wartburgklinikum Eisenach GmbH

ab 26.07.1999 bis 31.12.2000	Weiterbildungsassistentin in der Klinik für Anästhesie und Intensivmedizin der Zentralklinik Bad Berka GmbH
01.01.2001 – 31.05.2006	Assistenzärztin in der Abteilung für Anästhesie und Intensivmedizin der Krankenhaus Waltershausen-Friedrichroda GmbH
Facharzt	seit 01.03. 2001
01.06.2006 – 31.01.2007	Jugendärztlicher Dienst, Landratsamt Gotha
Seit 01.02.2007	Assistenzärztin in der Abteilung für Anästhesie und Intensivmedizin der Krankenhaus Waltershausen-Friedrichroda GmbH
Eisenach, 08.05.2007	Heike Tuppatsch

Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Friedrich Schiller Universität bekannt ist,

ich die Dissertation selbst angefertigt habe und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönlichen Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben sind,

mich folgende Personen bei der Datenerfassung, Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskripts unterstützt haben: Herr Dr. med. Wolfram Schummer, Frau Dr. med. Claudia Schummer,

die Hilfe eines Promotionsberaters nicht in Anspruch genommen wurde und dass Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen,

ich die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe und

ich die gleiche, eine in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung nicht einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht habe.

Eisenach, 08.05.2007

Heike Tuppatsch

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich all jenen ganz herzlich danken, die diese Arbeit ermöglichten und ihr Gelingen unterstützten. Besonders danken möchte ich:

Herrn Professor Dr. K. Reinhart, Direktor der Klinik für Anästhesie und Intensivtherapie an der Friedrich Schiller Universität Jena, der mir die Annahme als Doktorand ermöglichte und die wissenschaftliche Betreuung übernahm,

Herrn Dr. med. W. Schummer für die Erfassung der Daten und die wissenschaftliche Leitung der Arbeit,

Frau Dr. med. C. Schummer für die wertvollen Hinweise bezüglich des Konzeptes und die kompetenten Hinweise bei der statistischen Aufarbeitung,

Darüber hinaus möchte ich danken:

dem Team der Anästhesiologischen Klinik der Friedrich Schiller Universität Jena für die freundliche Arbeitsatmosphäre während meiner Hospitationen,

Frau Marina Wolf für das Verschicken und die Datenerfassung der beantworteten Fragebögen,

den Kliniken, die mit dem Ausfüllen der Fragebögen zu dem Gelingen des zweiten Teils meiner Dissertation beigetragen haben,

Frau Carola Triebel, Chefsekretärin, für ihre wertvolle Hilfe und Geduld. Sie hat mich tatkräftig bei der Formgebung der Arbeit unterstützt und dafür einen nicht unerheblichen Teil ihrer Freizeit investiert,

vielen anderen Menschen, die mir zu manchen Teilaspekten dieses Dissertationsthemas wertvolle Hinweise und Diskussionsanregungen gegeben haben.

Ohne die Unterstützung meiner Familie und meines Freundeskreises hätte ich diese Arbeit wohl nicht beendet. An dieser Stelle möchte ich mich bei allen dafür bedanken.